



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

**NÁVRH MOBILNÍHO PROJEKČNÍHO ZAŘÍZENÍ
PODPORUJÍCÍ PROSTŘEDÍ VIRTUÁLNÍ REALITY**

DESIGN OF A MOBILE PROJECTION DEVICE SUPPORTING THE VIRTUAL REALITY ENVIRONMENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Marek Šooš

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Zdeněk Tůma, Ph.D.

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student: **Marek Šooš**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Zdeněk Tůma, Ph.D.**
Akademický rok: 2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Návrh mobilního projekčního zařízení podporující prostředí virtuální reality

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Aktuálními oblastmi nasazení virtuální reality jsou zejména vizualizace a ověřování konstrukčních návrhů, virtuální uvádění produktů do provozu, plánování montážních operací včetně analýzy kolizí. V oblastech zaškolení obsluhy a údržby vytvářejí virtuální scény ideální nástroj před samotným náběhem výroby.

Cíle bakalářské práce:

Rešerše a zhodnocení současného stavu.
Konstrukční návrh.
Ekonomické zhodnocení řešení.
Závěr a doporučení pro praxi.

Seznam doporučené literatury:

Instantreality.org [online], 2018. Darmstadt: The Fraunhofer Institute for Computer Graphics Research IGD [cit. 2018-11-12]. Dostupné z: <http://www.instantreality.org/#>

GALI-3D, Vše o 3D! [online], 2011. Horoměřice: GALI-3D [cit. 2018-11-12]. Dostupné z: <http://cs.gali-3d.com/>

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku
2018/19

V Brně, dne

L. S.

.....
doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.

ředitel ústavu

.....
doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.

děkan fakulty

ABSTRAKT

Predložená práca sa zaoberá analýzou stavu a vývoja virtuálnej a rozšírenej reality. V práci podrobne opisujem výhody a nevýhody jednotlivých technológií, históriu, súčasný stav ako aj tendencie vývoja týchto technológií. Súčasný stav už umožňuje, okrem modelovania súčiastok vo virtuálnom prostredí, aj montáž či demontáž jednotlivých strojových zariadení, ako aj testovanie ich funkčnosti a mechanických vlastností, a to za pomoci špeciálnych okuliarov a rukavíc. Základom vytvárania 3D obrazu sú špeciálne projektory, v jedno, dvoj, alebo štvornásobnom usporiadaní. Cieľom predloženej bakalárskej práce je návrh modulového a flexibilného boxu pre uvedené projektory. Navrhnutá koncepcia umožňuje rozličné flexibilné usporiadanie jedného, dvoch alebo štyroch projektorov, a súčasne nám poskytuje ich jednoduché a presné vzájomné nadstavenie.

ABSTRACT

This work deals with the analysis of the state and development of virtual reality and AR. In this work I described in detail the advantages and disadvantages of individual technologies, history, present state and trends in development these technologies. In addition to modelling components in a virtual environment, the current state of the art allows the assembly or disassembling of individual machinery as well as testing their functionality and mechanical properties, using special goggles and gloves. The basis for creating 3D images are special projectors, in one, two, or quadruple configurations. The aim of this bachelor thesis is to design a modular and flexible box for the projectors. The designed concept allows for different flexible arrangements of one, two or four projectors, while providing us with simple and accurate alignment.

KĽÚČOVÉ SLOVÁ

virtuálna realita, návrh, flexibilná konštrukcia, projektor,

KEYWORDS

virtual reality, design, flexible design, projector,

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠOOŠ, Marek. *Návrh mobilního projekčního zařízení podporující prostředí virtuální reality*. Brno, 2019. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/117370>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Vedoucí práce Zdeněk Tůma.

Pod'akovanie

Pri tejto príležitosti chcem poďakovať môjmu vedúcemu bakalárskej práce pánovi Ing. Zděnkovi Tůmovi Ph.D., za cenné rady a pripomienky v priebehu riešenia mojej bakalárskej práce.

ČESTNÉ PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že táto práca je mojím pôvodným dielom, spracoval som ho samostatne pod vedením Ing. Zdenka Tůmu Ph.D. a s použitím literatúry uvedenej v zozname.

V Brne dňa 24.5.2019

.....
Marek Šooš

Obsah

1	Úvod	15
2	Súčasný stav virtuálnej reality	17
2.1	Rozdelenie virtuálnej podoby	17
2.1.1	Virtuálna realita.....	18
2.1.2	Rozšírená realita	18
2.2	Spôsoby premietania VR	19
2.4.1	Pasívna 3D technológia.....	20
2.4.2	Aktívna 3D technológia.....	21
2.4.3	3D Polarizačný modulátor	22
2.4.4	Autostereoskopické monitory	22
2.4.5	3D Anaglyf	23
2.4.6	INFITEC 3D	25
2.4.7	Powerwall	26
3	Analýza súčasného riešenia doubleboxu dataprojektorov	29
3.1	Popis existujúcej konštrukcie	30
3.2	Analýza pohybov.....	30
3.2.1	Posuvy.....	31
3.2.2	Rotácia	31
3.2.3	Naklopenie	32
3.2.4	Výškové nastavenie.....	34
3.3	Celkové zhodnotenie konštrukcie	35
3.3.1	Náročnosť na materiál (veľa plechov).....	35
3.3.2	Nepresné polohovanie ručné.....	35
4	Návrh doubleboxu projektorov	36
4.1	Definovanie kinematiky pohybov.....	37
4.1.1	Rotácia	38
4.1.2	Naklápanie	40
4.1.3	Posuv	43
4.1.4	Výškové nastavenie – vzájomné	44
4.1.5	Modulárna stavba	45
4.1.6	Autonómnosť	46
4.1.7	Minimalizácia rozmerov – box (zloženie).....	47

5	Technológia výroby	48
5.1.1	Materiál – nízka hmotnosť.....	48
5.1.2	Uloženie	49
5.1.3	Presné nastavenie – nezávislé stupne.....	56
6	Ekonomika výroby	57
7	Záver	58
8	Zoznam použitých zdrojov	59
9	Zoznam skratiek, symbolov, obrázkov.....	62
9.1	Zoznam Skratiek.....	62
9.2	Zoznam Obrázkov	62
10	Zoznam príloh	63

1 Úvod

Rastúca životná úroveň je sprevádzaná zrýchľujúcou sa zmenou požiadaviek zákazníkov na zmenu konštrukcie, rozmanitosť a kvalitu výrobkov. V minulosti sa výrobok najskôr nakreslil na rysovacej doske, následne sa prepočítal, vyrobili jednotlivé súčiastky, prebehla montáž, odskúšali funkčné a pevnostné vlastnosti a až následne sa opäť upravili výkresy pre opakovanú výrobu. S podporou výpočtovej techniky sa podstatne skrátili konštrukčné, analytické a výrobné časy. V ďalšej etape, za podpory výpočtovej techniky, paralelného konštruovania a simulačných softwarov, úplne odpadla nutnosť stavby funkčných modelov, čo opäť prispelo k podstatnému skráteniu času vývoja, testovania a uvedenia nového výrobku na trh. Posledným vrcholom vývojového stupňa je virtuálna montáž a testovanie funkčnosti výrobkov. A tento stupeň by sme si už bez virtuálneho sveta sotva vedeli predstaviť.

Cieľom predkladanej bakalárskej práce je rozdelenie súčasných technológií virtuálneho sveta, ich výhody, nevýhody a perspektívy ich ďalšieho vývoja. Z vykonanej analýzy je zrejmé, že uvedené technológie smerujú k maximálnemu priblíženiu človeka k realite, ale virtuálnom prostredí. Pre tieto technológie sa dnes používajú výkonné projektory v rôznych kombináciách.

Jadrom mojej práce je návrh novej modulovej konštrukcie doubleboxu. Základom celého zariadenia je modulový box, ktorý možno využívať v jedno, dvoj alebo štvorvariantnej kombinácii. Pri svojom návrhu som vychádzal z analýz, výhod a nevýhod konštrukcie double boxu, ktorý majú na pracovisku zadávateľa bakalárskej práce. Z existujúceho zariadenia som určil požadovanú kinematiku jednotlivých typy pohybov, ako aj súčasné možnosti rôznych usporiadaní jednotlivých projektorov.

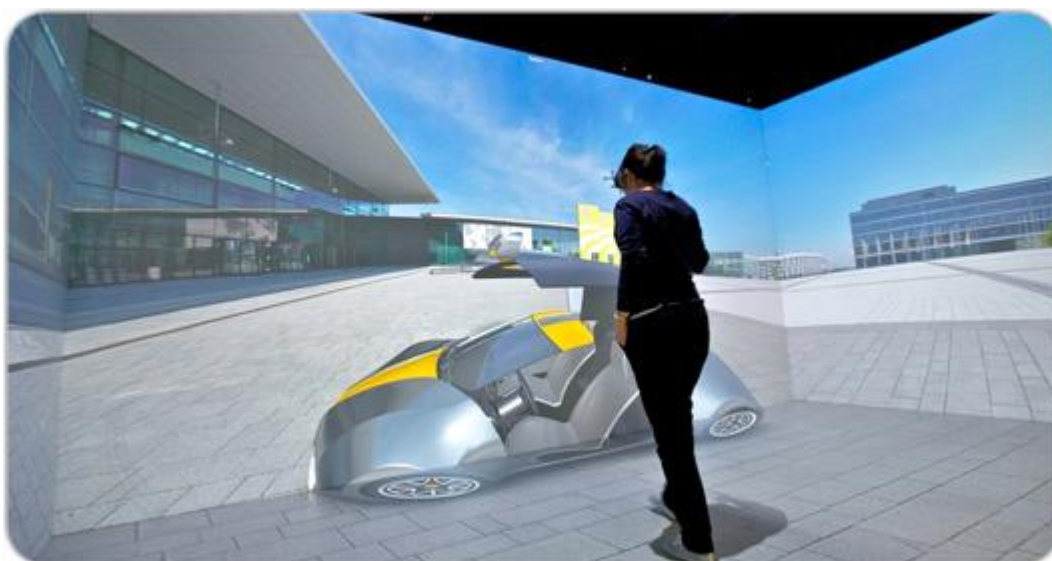
Výsledkom mojej práce je návrh novej modulovej koncepcie boxu umožňujúcej jednoduché, presné a opakovateľné nastavenie polohy projektoru tak v samotnom boxe, ako aj vzájomné nastavenie projektorov pri skupinovom usporiadaní boxov. Uvedený návrh je vypracovaný aj s ohľadom na technológiu a ekonomiku výroby nového typu boxov projektorov pre virtuálnu realitu.

2 Súčasný stav virtuálnej reality

V prvých dvoch desiatkach rokov 21. storočia sa zaznamenal výrazný a rýchly pokrok v oblasti virtuálnej reality. Počítačové technológie boli implementované do malých a výkonných mobilných zariadení zatiaľ čo dostupnosť týchto zariadení sa so znižujúcou cenou stále zlepšuje. Zvyšujúci sa výkon miniatúrnych procesorov a zatiaľ nepoznané hranice možností týchto zariadení nás dostávajú ďalej, a uľahčujú nám život na každom kroku. Mobilné telefóny s vysokou svietivosťou, hustotou pixelov a možnosťami 3D grafiky umožnili prínos malých a praktických zariadení pre virtuálnu realitu. Senzory snímacích kamier, ovládače pohybu, prirodzené a užívateľský prístupné ovládacie rozhranie sú už súčasťou každodennej práce s tými to zariadeniami. Virtuálna realita (ďalej VR) umožňuje voľnú komunikáciu s trojrozmernými objektmi vo virtuálnom prostredí (Obr. 1), prostredníctvom špeciálneho hardvéru. Táto schopnosť umožňuje rôznym, technicky zameraným spoločnostiam používať pohlcujúcu technológiu na rôzne účely a taktiež pomáha šetriť finančné prostriedky, ktoré by boli inak vynaložené na výrobu a správu fyzického majetku, [1],[2].

2.1 Rozdelenie virtuálnej podoby

Základnými technológiami sú virtuálna realita a rozšírená realita. Spôsob uvažovania pri vytváraní sveta pomocou počítačových simulácií je pre tieto dve technológie rozdielny. Odlišnosť je v úrovni ponorenia do virtuálneho deja. Rozšírená realita spolupracuje s prostredím, v ktorom je poloha jedinca v priestore, v ktorom sa práve nachádza kľúčová. Virtuálna realita využíva možnosti modelovania vlastnej vidiny nehmotného sveta v celom rozsahu. Pôsobnosť virtuálnej reality je najmä cielená na sféru zábavy, zatiaľ čo rozšírená realita je viac využiteľná na poli užitočnosti, [3].



Obr. 1 Pohľad na virtuálne prostredie, [24]

2.1.1 Virtuálna realita

Je to prostredie vymodelované človekom pomocou grafických a výpočtových programov, ktoré sa pomocou vedľajších hardwarových zariadení snaží simulovať respondentovi pocit reálneho sveta. Primárne sa tým rozumie vizuálny zážitok zobrazovaný na obrazovku počítača prípadne pomocou stereoskopického zariadenia. Primárnym zmyslom vykladajúcim najväčšie interakcie je zrak, pre vytvárajúci dojem trojrozmernosti. Vedľajšími receptormi zachytávajúce vnemy z prostredia virtuálnej reality bývajú zväčša receptory sluchu a hmatu. Využívanie naraz viacerých zmyslov býva ale výsadou už sofistikovanejších hardwarových riešení, [5], [4].

2.1.2 Rozšírená realita

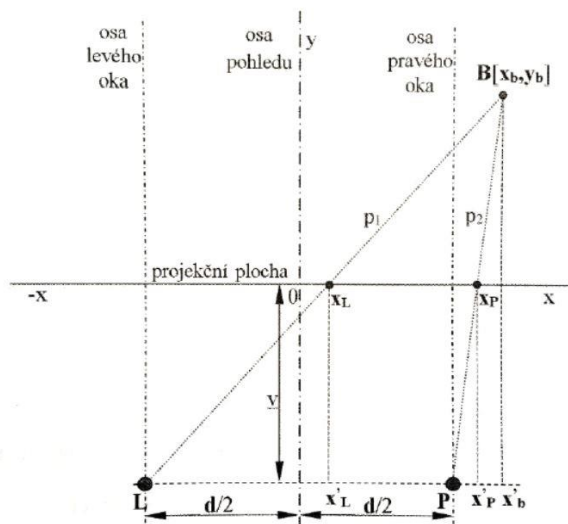
Prostredie v tomto prípade nie je celé modelované softwarovo v grafických programoch, ale jeho časť. Väčšinou vo forme predmetov, nástrojov rôznych súčiastok (Obr. 2). V porovnaní s virtuálnou realitou, ktorá sa zameriava na úplne nahradenie vonkajšieho sveta novým - počítačovo vytvoreným, je rozšírená realita použitá na rozšírenie nášho sveta o objekty virtuálne. Táto technológia umožňuje vnímať tieto prvky virtuálnej reality v reálnom čase a priestore, väčšinou za použitia okuliarov VR. Pri tejto technológii je požitá vysoká miera interakcie s človekom, nachádzajúcim sa v tomto prostredí. Využívajú sa množstvo senzorov na určenie polohy, a rýchlosti respondenta v čase alebo nástroje zastávajúce hmatové vnemy človeka, [5].



Obr. 2 Rozšírená virtuálna realita, [25]

2.2 Spôsohy premietania VR

Technologické princípy zobrazovania virtuálnej reality sa líšia v závislosti na kvalite obrazu, veľkosti obecnstva ale aj výslednej požadujúcej cene celého hardwaru. K vnímaniu trojrozmerného sveta používa človek pár očí, ktoré každé z nich vytvárajú rôzny obraz, horizontálne posunutý, (Obr. 3). Naš mozog následne obrazy spracováva a vytvára si z nich trojrozmerný obraz, z ktorého sa dá vyčítať vzdialenosť pozorovateľa od objektu, alebo vzdialenosť medzi dvomi objektmi zároveň. Pri následnom premietaní obrazu divákovi, potrebujeme na zahrnutie trojrozmernej informácie, premietat' divákovi 2 obrazy naraz. Na prvý pohľad jednoduchý princíp si vyžaduje celkom náročné technické prevedenie. Využívajú sa rôzne technologické postupy na dosiahnutie tohto efektu. Z technologického vývoja sa typy zobrazovania ustálili na niekoľkých rôznych typov zobrazovania virtuálnej reality, pričom veľa z nich vyžaduje prídavné okuliare, (Obr. 4) na dokonalé spojenie obrazu pre diváka, [6].



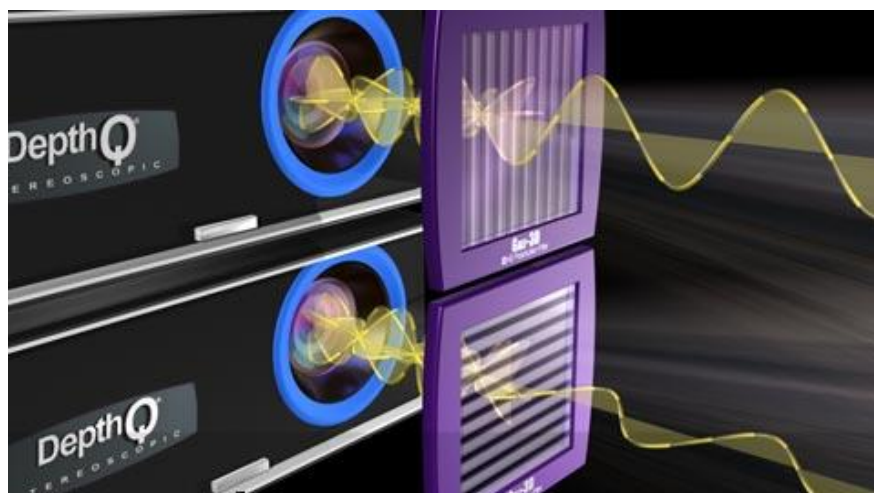
Obr. 3 Princíp stereoskopie [26]



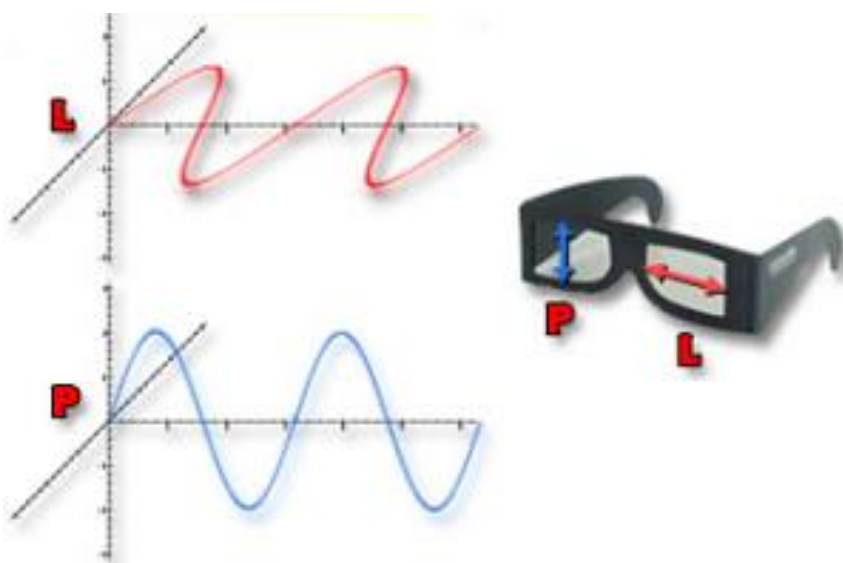
Obr. 4 Typy okuliarov pre zobrazovanie VR, [27]

2.4.1 Pasívna 3D technológia

Je to najčastejšie používaná technológia spojená najmä s projektorovým premietaním obrazu. Táto technológia využíva v zásade dva projektory pracujúce v súčasnom režime, (Obr. 5). Každý z týchto projektorov vysiela obraz, jeden konkrétne pre ľavé a druhý pre pravé oko. Obrazy sú projektorované v rôznych rovinách. Väčšinou sa využíva schopnosť vzájomne na seba kolmých obrazových vln, kvôli následnému spracovaniu obrazu do oka. Stretávame sa ale aj s opačne orientovanou rotáciou obrazu, premietaného z projektorov. Obraz z projektorov sa odráža od premietacej dosky, ale kvôli rozdielnemu natočeniu obrazových rovín sa dokonale nezloží. Pre zloženie obrazu sa využívajú špeciálne polarizačné okuliare (Obr. 6), ktoré spracúvajú obraz pre každé oko rozdielne. Jedna šošovka prepúšťa obraz v jednej obrazovej rovine pre jedno oko a analogicky druhá pre druhé oko. Obrazy sa v mozgu spájajú a vytvárajú celistvý obraz aj s trojrozmernou, priestorovou informáciou,[7],[8].



Obr. 5 Simultánne vysielanie obrazu projektormi, [7]



Obr. 6 Polarizačné okuliare, [28]

2.4.2 Aktivna 3D technológia

Princíp aktívnej 3D technológie je založený na striedaní obrazov. Zobrazovacie zariadenia sú usporiadané tak, že využívajú aspoň dvojnásobnú zobrazovaciu frekvenciu obrazu, pričom nastáva striedanie premietania obrazu pre oko pravé a pre oko ľavé (Obr. 7). Zobrazovacia frekvencia aktívnych 3D monitorov sa pohybuje od 120 Hz. So zvyšujúcou frekvenciou klesá nepríjemný pocit "blikania" u pozorovateľa. Najvýkonnejšie projektory pracujú až pri 400 Hz. Obraz je následne premietaný na projekčné plátno, odkiaľ je prenos odrazený a privedený do očí pozorovateľov. Výhodou oproti pasívnej technológii je, že na premietanie obrazu aktívnou technológiou postačuje iba jeden aj keď technologicky vyspelejší projektor. Neodmysliteľnou súčasťou aktívnej 3D technológie sú aktívne 3D okuliare. Okuliare oproti polarizačným okuliarom pri pasívnej technológii, obsahujú svoju vlastnú elektroniku. Tá sa stará a stmavovanie a zasvetľovanie skiel pri prepúšťaní obrazu (Obr. 8). Dvojnásobný dátový tok projektoru sa prepúšťa cez synchronizované okuliare, ktorých ovládanie je bezdrôtovo spojené so zdrojom, či už cez Bluetooth alebo IrDA signál, [9],[10].



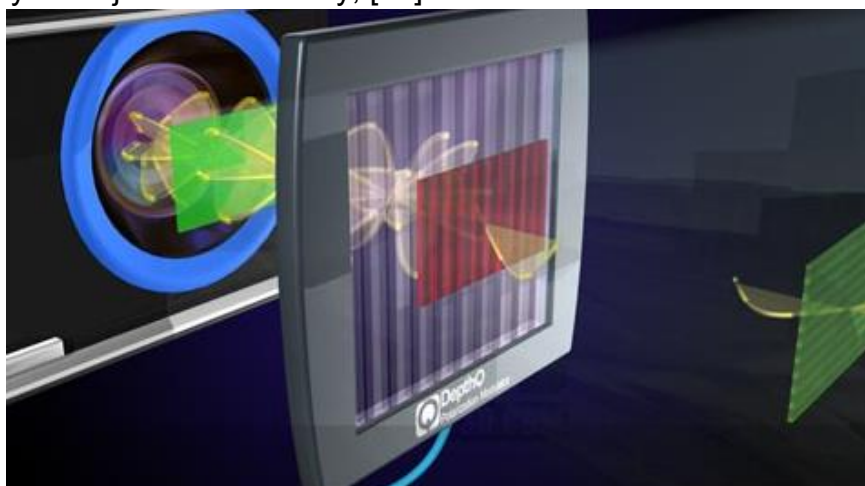
Obr. 7 Aktivna 3D technológia, [9]



Obr. 8 Aktivne 3D okuliare, [9]

2.4.3 3D Polarizačný modulátor

Tento technologický princíp spája už doposiaľ známe postupy protektorovania 3D obrazu, a to aktívnu a pasívnu formu 3D zobrazovania obrazu. Spočíva zjednodušení aktívnej 3D technológie, pričom odpadá nutnosť obstarania 3D aktívnych okuliarov. Oproti pasívnej technológii ale ponúka "návrh" pri absencii druhého premietacieho zariadenia na rôzne polarizované obrazy. Technologický princíp spočíva v tom, že 3D aktívny projektor vysiela s vysokou obnovovacou frekvenciou vždy dvojicu obrazov pre pravé a ľavé oko v slede. Polarizačný modulátor (Obr.9), je postavený za šošovkou 3D aktívneho projektoru. Je s projektorom aj zdrojom obrazu (PC) aktívne prepojený. Modulátor je schopný meniť polarizáciu obrazu ktorý cez neho prechádza, pri prechode obrazu pre pravé oko, polarizuje modulátor tento obraz v jednej rovine a pre oko ľavé v rovine kolmej. Veľkou výhodou oproti vyššie zmieneným najpoužívanejším postupom vytvárania 3D virtuálneho prostredia, je skutočnosť, že na ilúziu diváka, absentuje potreba zakúpenia aktívnych okuliarov. Polarizačné okuliare zabezpečujú rovnakú funkciu ako pri pasívnej projekcii a výsledný efekt je taktiež totožný, [11].

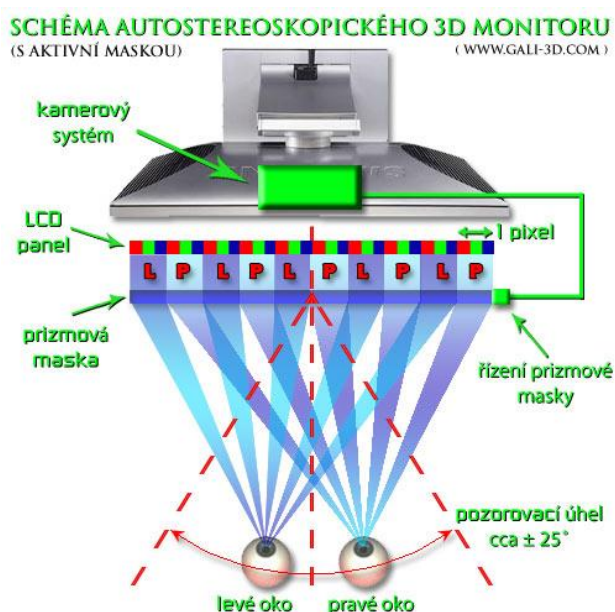


Obr. 9 3D Polarizačný modulátor, [11]

2.4.4 Autostereoskopické monitory

V minulosti jedna z najviac financovaných 3D technológií zobrazovania obrazu, od ktorej sa očakával veľký prerod v aktívnom 3D zobrazovaní. Dnes dosiahli možnosti tejto technológie vrchol svojich možností, väčšina firiem zastavila ďalší vývoj a financovanie, a ďalší prerod pri 3D zobrazovaní sa od nej už taktiež neočakáva. Ďalšia 3D technológia bez použitia okuliarov už zjavne nebude na princípe optických hranolov. Napriek tomu je táto technológia zaujímavá. U autostereoskopických monitorov (Obr. 10) sa jedná sa o monitorové zobrazovanie, ktoré je pomocou lomu na optickom hranoly distribuované jednotlivého pre každé oko. Zobrazovacia plocha na monitore je rozčlenená na veľa malých segmentov, podľa potreby sa pixely na monitore striedajú na jednotlivé obrazy pre pravé a ľavé oko. Tie sa následne pomocou masky priamo odrážajú do oka diváka. Veľká nevýhoda pri tejto technológii pre

diváka nastáva, pri väčších zobrazovacích uhľoch. Technológia hranolov je nastavená pre ± 5 stupňovú odchýlku polohy diváka. To znamená že ak sa divák pozerá na obraz z iného miesta, ako je ten "správny", nevidí dokonale zobrazenú 3D projekciu. Tento neduh bol najskôr riešený kamerou umiestnenou nad monitorom, ktorá sledovala oči diváka. Problém nastal pri zvýšenom počte pozorovateľov, kedy kamera nevie, ktorú dvojicu očí má nasledovať. Druhá vetva riešenia tohto problému spočívala v rozčlení obrazu na viac častí a za použitia vyššieho počtu zobrazovacích hranolov v maske. Tým sa zvýši počet zobrazovacích obrazov z 2 kľudne na 5, alebo až 10. Maska dokáže distribuovať každý obraz do rôznych uhlov miestnosti a tak pokryť väčšiu pozorovaciu plochu. Veľkou nevýhodou ale zostáva kvalita obrazu, ktorá sa pri vysokom členení obrazu rapídne znižuje. Keďže projekcia na monitore rozčlenený na 5 alebo až 10 obrazov, je aj rozlíšenie každého z obrazov delené počtom zobrazovaných obrazov. Z čoho vyplýva, že na koľko obrazov je projekcia rozdelená, toľko násobne je znížené pôvodné rozlíšenie, [12].

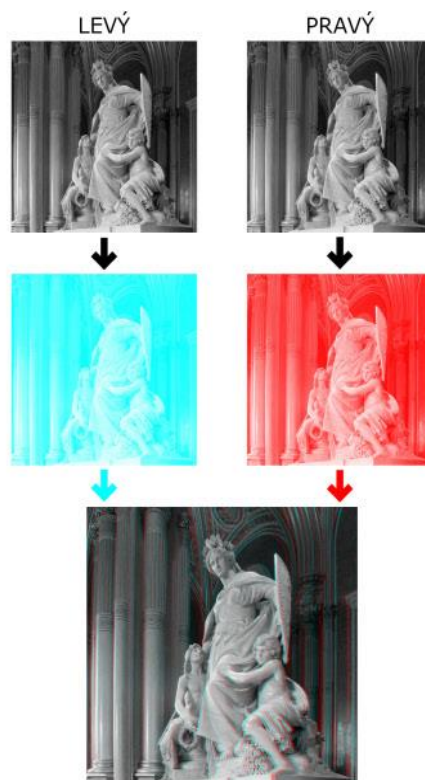


Obr. 10 Autostereoskopický 3D monitor, [12]

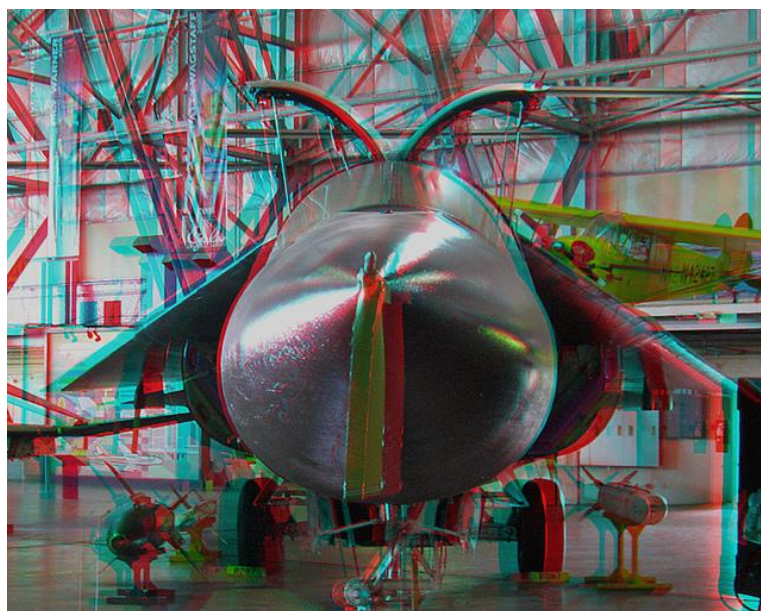
2.4.5 3D Anaglyf

Anaglyf je prvá a najstaršia technológia na zobrazovanie 3D technológií. Ľavý a pravý obraz v anaglyfe je farebne oddelený. Najčastejšie používaná farebná kombinácia je červená-azúrová, pričom červený filter býva na ľavom a azúrový na pravom boku. Obrázok prevedený do azúrovobielej škály je pre červený filter a obraz červenobielej škály je pre filter azúrový. V miestach prekrytia červenej a azúrovej farby vzniká čierna farba s odpovedajúcim odtieňom. Čiernobiely obraz vytvorený pre každé oko doplnený o farbu k filteru vytvára priestorový dojem. Princíp tejto technológie je veľmi jednoduchý a aj vybavenie na 3D reprodukciu obrazu nevyžaduje náročný alebo inak, zvlášť komplikovaný hardware. Kvalita tohto obrazu nedosahuje kvality porovnateľnej s vyššie spomenutými spôsobmi zobrazovania 3D obsahu (Obr. 11, Obr. 12).

Nastáva skreslenie farebného spektra obrazu, ktoré vyplýva zo samotného princípu zobrazovania, [13],[14].



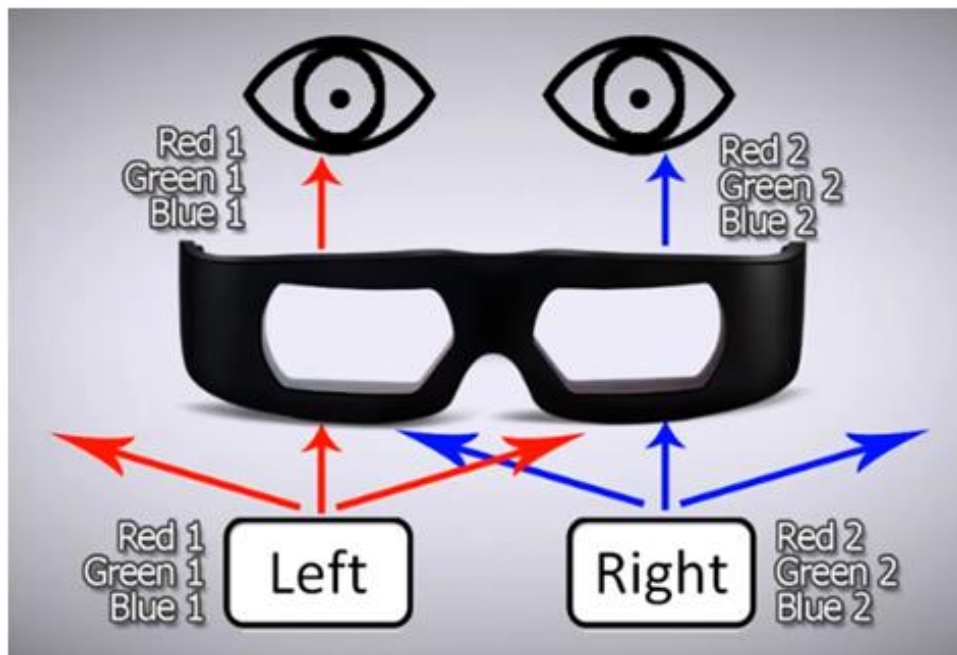
Obr. 11 Vznik anaglyfového obrazu , [14]



Obr. 12 Zobrazenie stíhačky pomocou 3D metódy anaglyf, [30]

2.4.6 INFITEC 3D

Ďalším typom zobrazovania 3D virtuálnej reality je technológia, kde je zobrazovanie realizované pomocou interferenčných filtrov. Táto metóda využíva viditeľné spektrum svetla, podobne ako to 3D Anyglyf. Projektory produkujúce takýto typ zobrazovania 3D virtuálnej reality sú obohatené o malé rotujúce koliesko, ktorým sa nastavuje špeciálny filter, nachádzajúci sa v dráhe svetla medzi zdrojom svetla a obrazom. Svetlo vstupujúce do receptorov zraku, je všeobecne delené do troch spektrálnych dĺžok ktoré odpovedajú základným farbám : modrej, zelenej a červenej. Metóda Infitec je založená na paralelných obrazových informácií v rôznych trojiciach základných farieb. Je to umožnené rozdielnym rozložením intenzity na vlnových dĺžkach pre pravú a ľavú stranu. Špeciálne interferenčné filtre v okuliarech umožňujú, že jedno oko vidí trojicu vlnových dĺžok farieb R1-G1-B1 a druhé R2-G2-B2 (Obr. 13). Každému oku je zobrazované mierne iný obraz pozostávajúci z iných farieb RGB. Rozdiel je tak malý, že je okom nepostrehnuteľný, ale dostačujúci na to, aby bol každý jemne odlišný obraz sprostredkovaný jednému oku.[15][16]



Obr. 13 Infitec okuliare, [28]

Red =červená, Green = zelená, Blue = modrá, Left = ľavé, Right = pravé

2.4.7 Powerwall

Technologické rozhranie využívané pre virtuálnu realitu s názvom *Powerwall* (Obr. 14), využíva na projekciu veľké plátno, na ktoré je premietaný obraz pomocou jedného alebo viacerých projektorov.

Powerwall dosahuje ponorenie do virtuálnej reality pomocou širokolehlej projekcie. Výhody Powerwallu spočívajú v projekcii na širokolehle plátno. To umožňuje podieľanie na spoločnej práci väčšiemu počtu spolupracovníkov. Powerwall sa najčastejšie používa ako návrhový, kooperačný a inžiniersky nástroj na interakciu so stereoskopickými modelmi, alebo ako prezentačný nástroj pre mnoho rôznych aplikácií. Zariadený vysoký jas, vysoké rozlíšenie ako aj správne farebné prevedenie obrazu, z neho robia riešenie pre automobilový, ropný a plynárenský priemysel ako aj mnoho ďalších. Umožňuje interakciu s komplexnými modelmi zariadení, objektov, v možnej mierke 1:1. Veľké obrazovky sú často využívané na vyobrazenie veľkých modelov, napríklad veľkého motora. Obraz z projektorov premietajúcich obraz na plátno, môže byť buď priamo na plátno, alebo nastane až po odraze od zrkadla. Odras obrazu od zrkadla sa používa pri potrebe zmenšenia priestoru za plátnom. Projektory sa nachádzajú vtedy vo vertikálnej polohe, [17],[18],[19].

So zvyšujúcim sa počtom projektorov, premietajúcich obraz na jedno plátno, stúpa kvalita samotného obrazu. Nastáva ale aj zvýšenie náročnosti výpočtových procesov systému. Pri takejto modulácii, je potrebné použiť systém, ktorý zaistí prekryvanie hrán susediacich obrazov. Docieluje sa to presným postavením premietaných obrazov vedľa seba. Druhou možnosťou je zarovnanie jednotlivých obrazov s presahom, za použitia softwaru na zjednotenie okrajov obrazov, [20].



Obr. 14 Powerwall, [17]

Jednou z najdôležitejších vlastností Powerwall, je interakcia medzi užívateľom alebo skupinou užívateľov v reálnom čase. Na túto podporu sú potrebné zariadenia a senzory ktoré zvládnu monitorovať polohu alebo rotáciu užívateľa, alebo bodové zariadenie ako napríklad 3D myška. Pre použitie v Powerwall systémoch je preferovaná sústava so 6 stupňami voľnosti. Pre takýto pohybový návrh systému, kde sa užívateľovi kontroluje poloha a rotácia v troch osiach, je možné využívať viaceré rôzne systémy detegujúce pohyb užívateľa. Najpreferovanejšie z nich sú: elektromagnetické, ultrasonické a optické ako zobrazuje obrázok 15, [21].



Obr. 15, Umiestnenie kamier detegujúcich pohyb [31]

Optické sledovacie systému disponujú kamerami s vysokým rozlíšením a tzv. “markermi”, bielymi guľôčkami (Obr. 16). Tie to “markery” sú objekty s guľôčkami, ktoré rozpoznáva kamera. Systém softvéru pomocou analýzy obrazu kamery, určuje polohu a rotáciu „markerov“. Optické trakčné systémy využívajúce špeciálne drahé kamery vykazujú veľmi vysokú presnosť. Nevýhodou optického sledovacieho systému je fakt, že kamery musia mať bodky na dohľad. Teda v priamej dráhe medzi značkou a kamerou nemôže stáť žiadny predmet. Optické systémy Powerwall často využívajú konfiguráciu s aspoň dvojicou kamier (Obr. 16), [21].



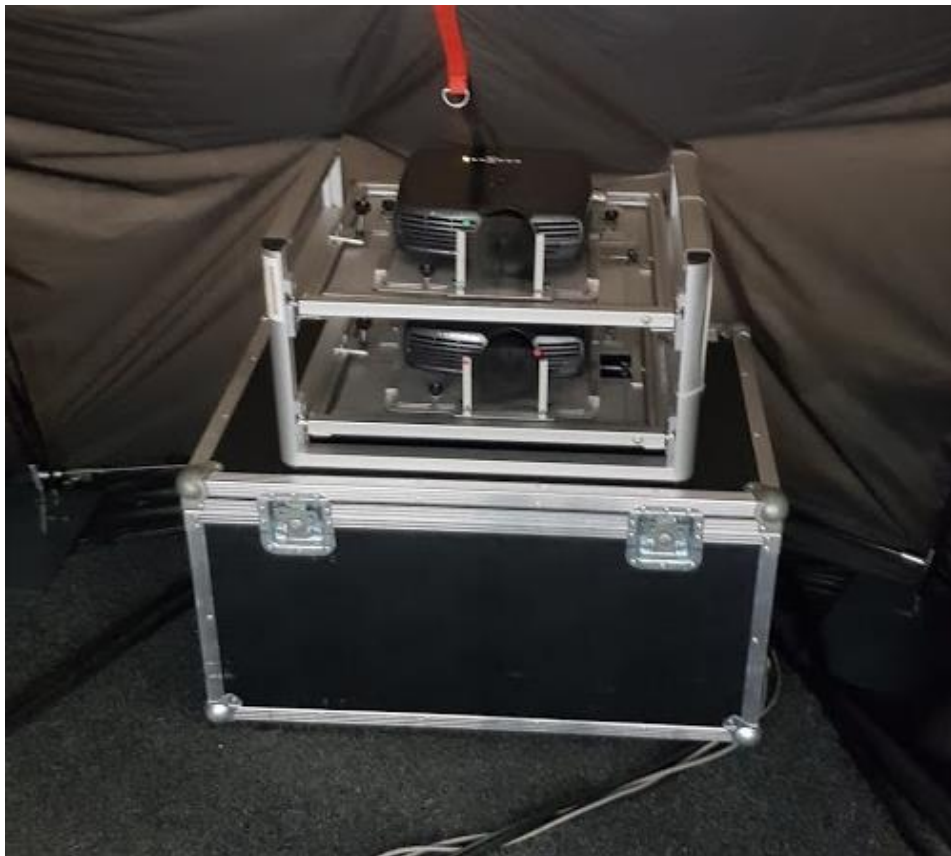
Obr. 16 Okuliare s markermi

Ultrasonické systémy využívajú na detekciu pohybu ultrasonické zvukové vlny, ktoré zachytávajú senzory. Podobne ako pri optických senzoro, aj ultrasonické vyžadujú voľnú cestu medzi vysielateľom a prijímačom. Pri použití väčšieho počtu mikrofónov na senzor, klesá citlivosť na rušenie daného vedenia,[21].

Elektromagnetické pole je pri tomto systéme vytvárané vysielateľom. Špeciálne senzory už potom vyhodnocujú polohu užívateľa, ako aj jeho rotáciu alebo naklonenie v závislosti na veľkosti evokovaného elektromagnetického poľa a taktiež magnetického poľa Zeme. Výhoda systému je, že vysielateľ a anténa nepotrebnú mať na seba priamy výhľad. Naopak nevýhoda nastáva v použití materiálov, keďže kovové materiály nachádzajúce sa v konštrukcii zariadenia taktiež vytvárajú elektromagnetické pole, interferenciou narúšajú detekciu senzorov, [21],[22].

3 Analýza súčasného riešenia (double)boxu dataprojektorov

Základná konštrukcia existujúceho riešenia je znázornená na obrázku 17. Z obrázku je zrejmé, že celý box je vyrobený z hliníkových profilov ako jeden nerozoberateľný box. Zariadenie je osadené komponentami s pevnými, nerozoberateľnými vonkajšími rozmermi. Napriek rôznym variáciám nezávislého nastavenia nosných plôch pre dataprojektory, neexistuje možnosť zmeny konfigurácie, zmenšenia vonkajších rozmerov zariadenia pri prípadnom premiestňovaní.



Obr. 17 Súčasné riešenie doubleboxu

3.1 Popis existujúcej konštrukcie

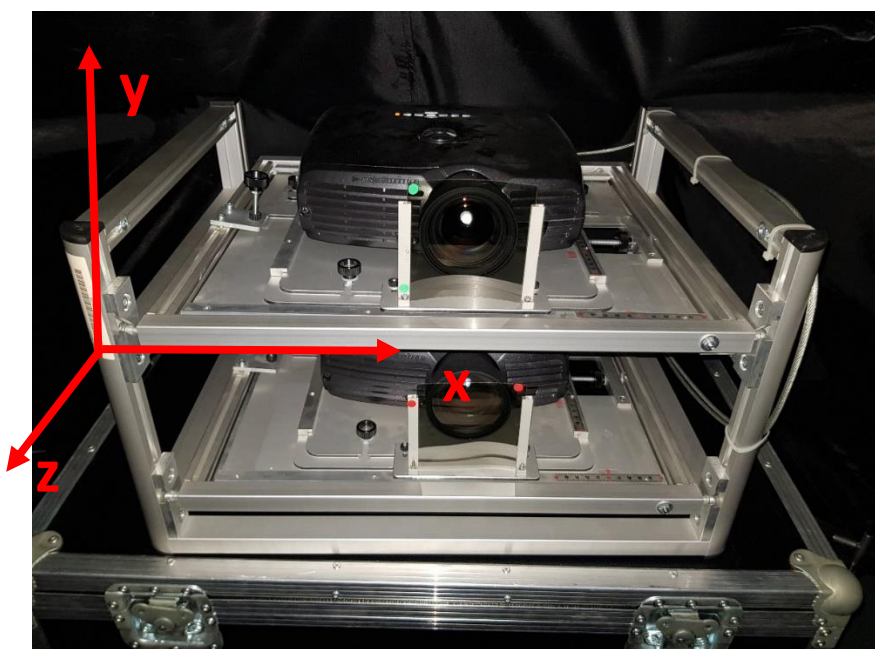
Na základe analýzy existujúcej konštrukcie môžeme definovať základné požiadavky ktoré musí táto konštrukcia spĺňať.

Pevné a nezávislé upevnenie dvoch projektorov – po nastavení musí byť zabezpečená ich vzájomná , nemenná a opakovateľne nastaviteľná poloha. Vzájomná nemenná poloha projektorov je riešená pevným rámov.

Samostatné nastavenie a indexovanie polohy jednotlivých projektorov – podľa pravidla pravej ruky: posuvné a rotačne v osi „x“ a rotačne okolo osi „z“.

3.2 Analýza pohybov

Konštrukcia doubleboxu musí prvotne zahŕňať jeho správnu funkčnosť pri vytváraní požadovanej kinematiky pohybov. Jednotlivé pohyby vo všetkých osách by mali byť na sebe nezávislé a požiadavky by mali spĺňať jasne a jednoznačne. Hlavné pohyby, ktoré majú byť pre správne a presné nastavenie projektorov na doubleboxe majú translačný, rotačný a naklápací, obr. 18. Každý z pohybov má byť voči ostatným nezávislý a neobmedzovať ostatné typy posuvov a rotácií v plnom rozsahu. Pohyby dosiahnuté pri tomto type konštrukcie sú translačný v ose „x“, translačný v ose „y“, rotačný a naklápací. Pohyby ako aj úchopy sú dosiahnuté pomocou skrutkového mechanizmu. Buď je využitá funkcia v princípe prevedenia rotačného pohybu na translačný alebo, ako vo väčšine prípadov pri tomto zariadení, je využitá ich upevňovacia funkcia, ktorá zabezpečuje, po nastavení polohy, zaistenie kontaktných súčastí voči ďalšiemu pohybu.



Obr. 18 Pohyby pri súčasnom riešení

3.2.1 Posuvy

Posuv v osi „z“ je riešený jednoduchým vzájomným klzným pohybom plechu na ktorom je upevnený projektor vo vyfrézovaných drážkach vo vodiacich lištách po obidvoch stranách projektoru. Na dosiahnutie požadované miesta sa prvotne uvoľní skrutka, ktorá udržiava posuv v nehybnom stave. Výsledná zmena miesta nastane po posunutí projektoru po plechovej platni o zvolenú vzdialenosť. Veľkosť posunutia je možné opakovane nastaviť podľa stupnice, ktorá je pri danej drážke. Po dosiahnutí požadovanej polohy dôjde k indexovaniu polohy dotiahnutím fixačnej skrutky. Nevýhodou navrhnutého riešenia je, že neumožňuje zabezpečenie polohy s vysokou presnosťou.

Posuv je v tomto prípade zabezpečený aj v ose kolmej na os „z“ – ose „x“, obr. 19. Tento pohyb je umožnený v dôsledku využitia zmeny rotačného pohybu skrutky na translačný pohyb v strede umiestnených plechov. Skrutka je voľne uložená vo vonkajšom ráme z jednej strany pričom je zaistená skrutkujúcim plastom z jednej a poistným krúžkom z druhej strany. Rozsah pohybu je dostatočný a riadený pomocou stupnice na vonkajšom ráme nachádzajúceho sa vpredu boxu.



Obr. 19 Posuv v osi „x“

3.2.2 Rotácia

Rotácia okolo zvislej osi „y“ je opäť zabezpečená klzným pohybom horného plechu s projektorom a plechu s vodiacími lištami po spodnom pevnom – nehybnom plechu, Obr. 20. Na zachytenie pevnej polohy plechu sa v tomto prípade využíva dvojica skrutiek zaistujúcich proti neželanému vzájomnému posuvu plechov. Veľkosť naklonenia je umožnená po odistení dvojice skrutiek. Následné nastavenie pomocou mierky a uchytenie v želanej polohe prebieha analogicky s posuvom. Negatívna stránka takéhoto typu riešenia spočíva v nepresnosti jeho jednorazového, ako aj opakovaného nastavenia. Zvolená poloha pomocou stupnice je síce v rámci parametrov presná, ale fixácia daného

miesta pomocou uťahovacej skrutky už nie. Skrutkovaním sa vytvára zväčšujúci moment ktorý pôsobením na plech podstavu spôsobuje jeho pohyb. Tým sa mierka posuvu po zafixovaní skrutky voči fixnej stupnici mierne posunie a je teda potrebné pri každej zmene polohy s týmto javom počítat'.



Obr. 20 Rotácia okolo osi „y“

3.2.3 Naklopenie

Naklápanie celej podstavnej plochy plechov, okolo osy „z“, je v tomto prípade vykonávaná pomocou otáčania skrutky, (Obr. 21) uloženej vo vystupujúcom pliešku z rámu, ku ktorému je fixne priskrutkovaný. Skrutka je prichytená k podstave z jednej strany pomocou poistnej matky. Poistenie druhej strany zabezpečuje naskrutkovaný pliešok. Napätosť medzi nimi je riešená pridaním rozperných plastových krúžkov. Drážka vytvorená v podstave zabezpečuje nasunutie skrutky ale aj voľný vo vybratí. Pri zmenách polohy nastáva materiál. Pliešok, pevne priskrutkovaný k rámu sťažuje jemné náklony podstavy, a preto sú umožnené tieto pohyby len v malom rozsahu.



Obr. 21 Rotácia okolo osi „z“

Naklonenie je taktiež umožnené kolmo k ose nachádzajúcej sa v podstave „z“ (Obr. 22). Náklony sú nastavované skrutkou v zadnej časti rámu. Využíva sa pri tom rotácie skrutky. Skrutka spôsobuje vzájomný pohyb medzi hranolmi priskrutkovanými z rámovej konštrukcií. Uloženie skrutky je vo vrchnom hranole, v ktorom je zaistená. V dolnom ráme použitá pevne pripevnená matica. Osa rotácie náklonov leží v prednej časti rámu, na čapovom uložení celej podstavnej časti. Tým že je os naklápania sa nachádza vo veľkej vzdialenosti od nastavovacích prvkov je celková zmena náklonov veľmi malá. A teda rozsah náklonov bude len v jednotkách stupňových uhlov.

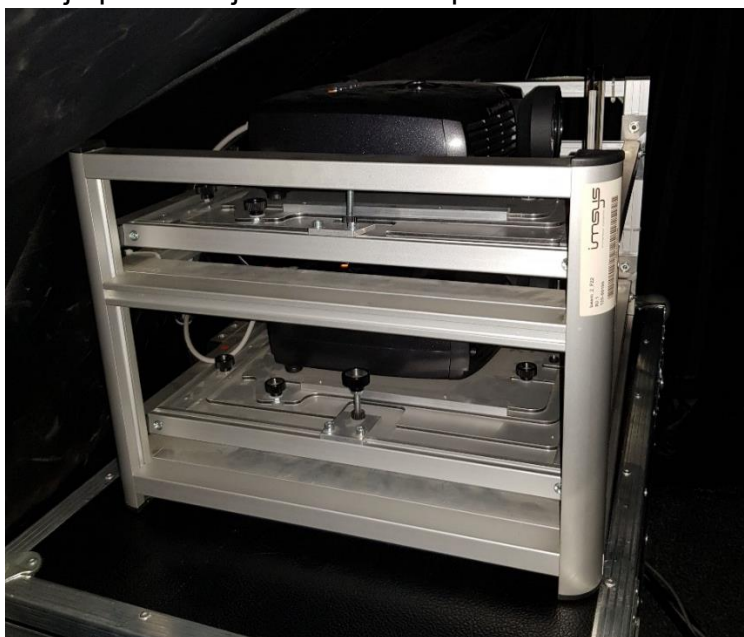
Presné a opakované nastavovania náklonov v oboch osách budú problematické kvôli absencii mierky pri oboch spôsoboch.



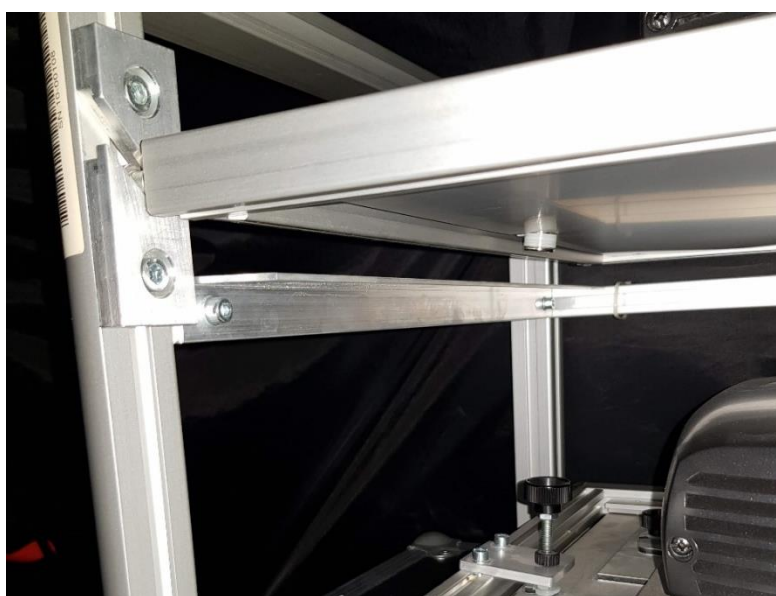
Obr. 22 Naklonenie okolo „x“

3.2.4 Výškové nastavenie

Nastavenie vzájomnej vzdialenosti podstav pre projektory je obsluhované pomocou pomocných uchytných držiakov priskrutkovaných k drážkam v rámových profiloch na prednej strane, Obr. 23, Obr. 24. Druhá strana podstavy leží vo „vnútornom ráme“, ktorý je vytvorený pomocou trubiek rámovej konštrukcie. Trúbky sú k sebe priskrutkované navzájom a súčasne sú priskrutkované aj k vonkajšej kostre rámu. Pri zmene výšky podstavy, je teda potrebné vybrať celú podstavu a odskrutkovať všetky fixné skrutky, ktoré držia celý systém. Voľba želanej výšky a následná fixácia tejto polohy pomocou všetkých skrutiek je podľa môjho názoru komplikovaná a zdĺhavá.



Obr. 23 Vzájomné výškové nastavenie projektorov



Obr. 24 Detail naklopenia

3.3 Celkové zhodnotenie konštrukcie

Pri celkovom zhodnotení som sa zamerlal hlavne na:

- náročnosť na materiál
- požadovanú funkčnosť

Môj názor som zhrnul do nasledujúcich dvoch odsekov.

3.3.1 Náročnosť na materiál (veľa plechov)

Existujúce zariadenie z hliníkových profilov a plechov. Čo sa týka profilov je použitá stavebnicová konštrukcia, čo považujem za správne. Na strane druhej je pri súčasnom zhotovení použité veľmi veľa nosných plechov. Konštrukcia pre preto pomerne náročná na množstvo materiálu, čo sa v konečnom dôsledku prejaví tak na váhe zariadenia, ako aj na jeho cene.

Celé zariadenie je vyrobené ako monolit bez možnosti ľahkého a rýchleho rozobratia, či minimalizácie rozmerov pri jeho premiestňovaní. Existujúca konštrukcia neumožňuje použitie zjednodušeného modelu v prípade použitia jedného projektoru.

3.3.2 Nepresné polohovanie ručné

Existujúca konštrukcia umožňuje len pomerne náročné vzájomné výškové nastavenie projektorov. Všetky polohy projektorov sú nadstavované len cez klzný posuv, bez presne nastaviteľnej polohy posunutia či natočenia. Pri jednotlivých nastavovacích skrutkách sú umiestnené stupnice pre opakované presné nastavenie jednotlivých polôh. Opakované presné nastavenie je, ale pomocou voľne nastavujúcich posuvov a fixujúcich skrutiek, dosť ťažké, až nemožné.

4 Návrh doubleboxu projektorov

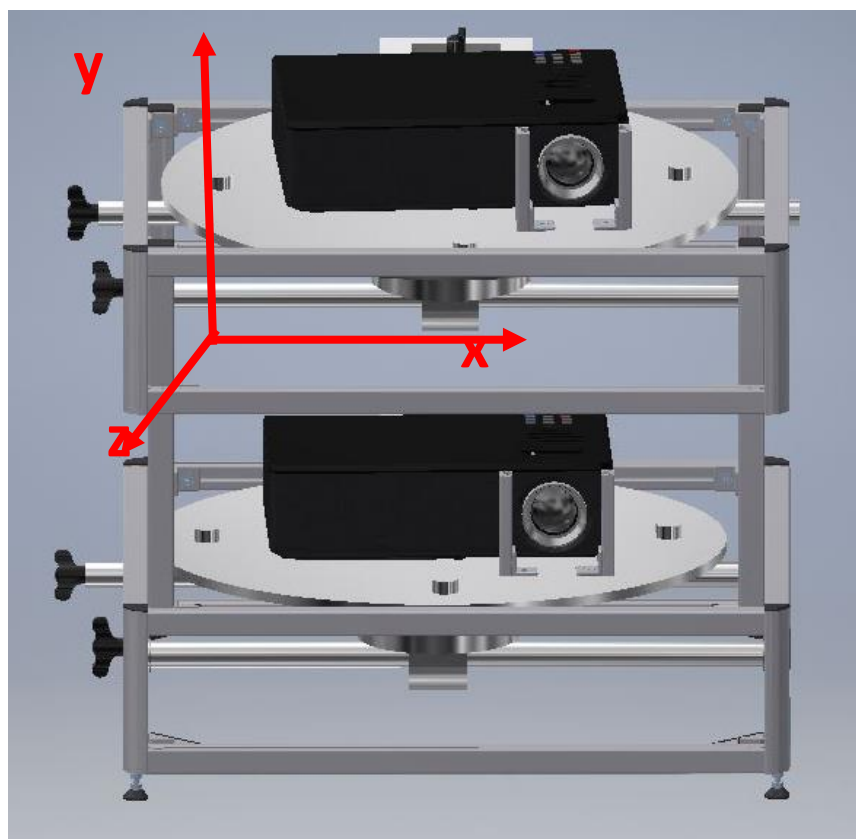
Môj návrh mobilného zariadenia pre dataprojektory (Obr. 25) k účelu premietania virtuálnej reality, je založený na inom technologickom postupe a najmä inom fungovaní systému ako takého. Najdôležitejšími atribútmi, ktorých som sa držal pri konštrukcii mobilného zariadenia, boli jednoduchosť, opakovateľná vysoká nastaviteľná presnosť, či rozšírenie funkčnosti doubleboxu ako je modulárnosť, alebo výšková nastaviteľnosť projektorov. Celá montáž, nastavenie, prestavenie a demontáž musia byť maximálne jednoduché. Doublebox pre projektory má spĺňať všetky konštrukčné a mechanické požiadavky, pri zachovaní čo najjednoduchšieho systému ovládania. Súčiastky použité na konštrukciu, musia spĺňať jednoduchosť výroby, mali by mať čo najnižšiu hmotnosť pri zachovaní dostatočnej tuhosti a bezpečnosti. Druhým dôležitým atribútom, od ktorého som rozvíjal následnú stavbu konštrukcie, činila prehľadnosť a určitým zmyslom jasne definovaná presnosť, pri nastavovaní polohy projektorov. Na možnosť ľahkého prenášania celej sústavy doubleboxu z miesta na miesto jednou osobou bol braný ohľad od samotného počiatku. Celý návrh konštrukcie mobilného zariadenia musel teda prihliadať na kompaktné rozmery zostavy ako aj hmotnosť celého zariadenia. Ostatné funkcie, ktoré zabezpečuje toto zariadenie, budú bližšie opisované v nasledujúcich podkapitolách.



Obr. 25 Pohľad na celkovú zostavu Doubleboxu

4.1 Definovanie kinematiky pohybů

Konstrukcia zariadenia bola v základe založená s primárnym ohľadom na kinematiku požadovaných pohybů, Obr. 26 . Takýto typ mobilného zariadenia musí umožňovať nastavovať polohu projektorů nezávisle a v požadovaných osách. Hlavné pohyby v osiach sú zabezpečené pomocou 3 špeciálnych skrutiek a jedným malým závitovkovým prevodom. Ozubené kolo sa nachádza v ose rotácie hlavy. Každá rotujúca skrutka zabezpečuje presný posuv práve v jednej osi, alebo sa stará o rotáciu pohyblivej časti telesa okolo osi. Vzájomnou kombináciou jednotlivých posuvů a rotácií sa vytvára komplexná kinematická sústava zložených pohybů. Pri modelovaní zariadenia bol braný ohľad na nezávislosť nastavovania polohy pohyblivých častí. Jednotlivé posuvy, ako aj rotácie pohyblivej časti zariadenia sa nemôžu navzájom obmedzovať, ale musia byť dostatočne prepojené. Musia spĺňať požiadavku na požadovanú presnosť tak, aby sme dosiahli požadovanú polohu okuláru projektoru, ako aj vzájomnú požadovanú polohu okulárov obidvoch projektorů. Trojica skrutiek (s madlovým zakončením) je vyvedená buď na boky zariadenia, alebo sú upevnené v priskrutkovanom držiaku „L“ profilu.



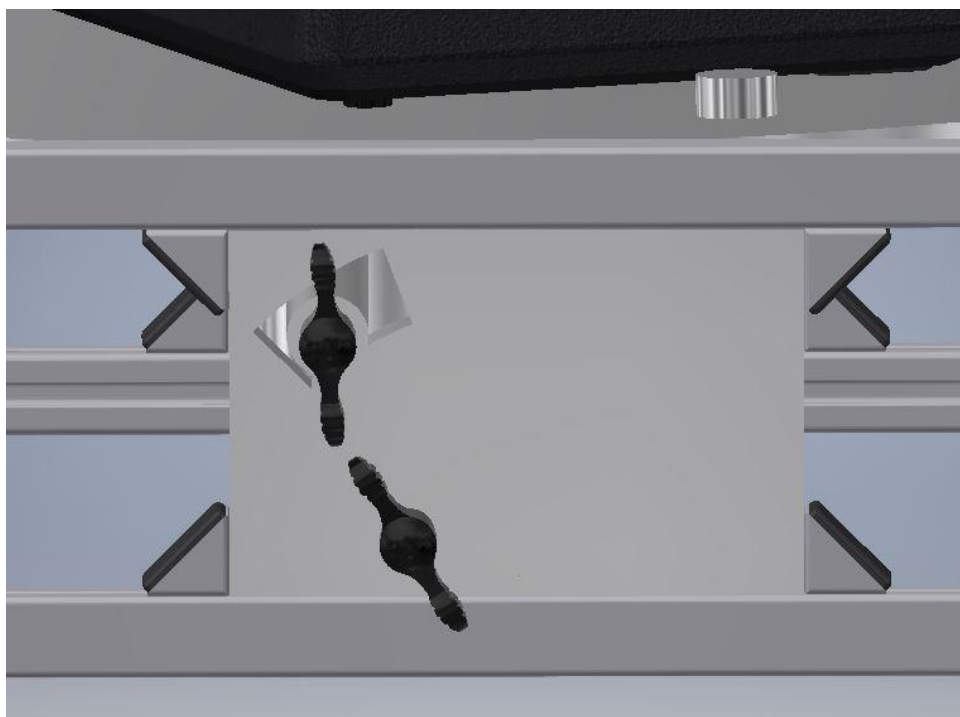
Obr. 26 Celková zostava zariadenia

4.1.1 Rotácia

Komplikovaná časť konštrukcie mobilného zariadenia bola rotácia pohyblivej časti okolo osi otáčania „y“. Návrh jednoduchého princípu natáčania, ktorý by bol nezávislý od ostatných pohybov, a zároveň s nimi vytváral jeden súlad kinematickej zostavy patril k najvýraznejším technologickým uzlom celej konštrukcie.

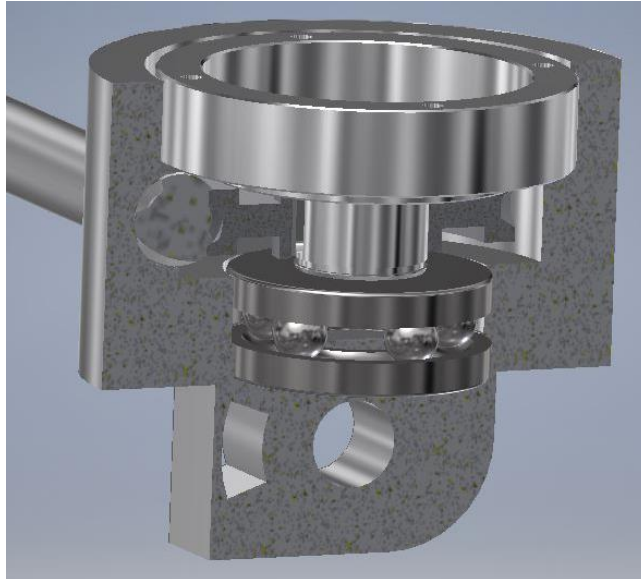
Počas riešenia projektu som zvažoval veľa rôznych systémov natáčania. Všetky z nich uvoľňovali podstavec pre projektor v rotačnou väzbou a teda zabezpečovali otáčanie okolo osi „y“.. V prvej etape riešenia som prvok rotácie riešil iba pomocou doťahovacej skrutky na rotačnom kruhu. Tento typ riešenia slúžil na zaistenie uhlových stupňov v určitej pozícií. Pri zmene želaného natočenia bola skrutka uvoľnená a následne zaistená na inej želanej polohe. Takýto princíp riešenia ale nebol dostatočne uspokojujúci najmä z hľadiska nedostatočnej presnosti nastavovania uhlových stupňov pri rotácií.

Preto bolo nutné vymyslieť nový a po predošlých skúsenostiach už najmä správne fungujúci spôsob riešenia rotácie. Mojou snahou bolo navrhnuť kinematiku pohybu so štandardne vyrábaných typizovaných súčiastok. Výsledný návrh pre daný konštrukčný smer, viedol k opatreniu celého zariadenia o jednoduché závitovkové súkolesie, ktoré mení rotačný skrutkový pohyb v jednej ose, na rotačný pohyb závitovkového kola v ose kolmej na počiatočnú. Moment vyvođený na skrutku (Obr. 27) má za následok rotáciu kruhového podstavca pre projektor.



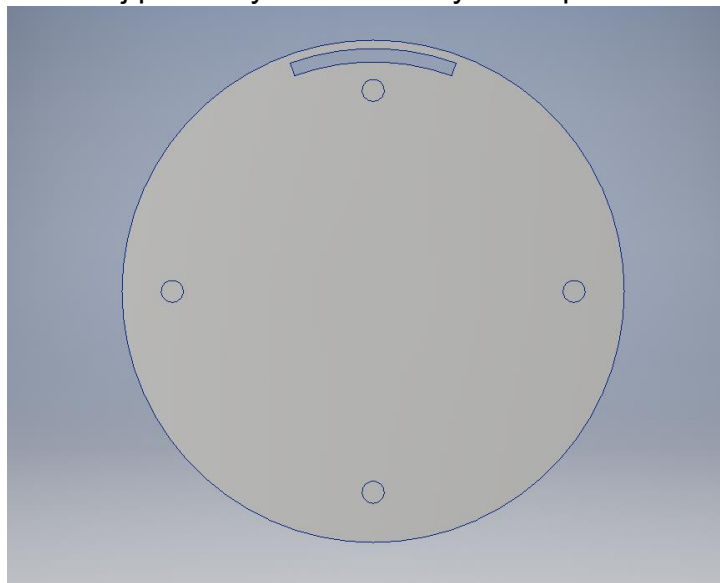
Obr. 27 Skrutka zabezpečujúca rotáciu závitovkového súkolesia

Pre navrhnuté závitovkové súkolesie som sa nakoniec rozhodol na základe umožnenia jemnej a presnej rotácie nosnej platne. Sily a momenty prenášané týmto prevodom sú malé a podľa toho boli zvolené aj ostatné vlastnosti. Uloženie závitovkového súkolesia (Obr. 28) sa nachádza v súčiastke ktorú som nazval „hlava“. Zabezpečuje viacero funkcií a pohybov naraz. Dalo by sa povedať že táto súčiastka je taká „križovatka“ zloženého kinematického pohybu celého zariadenia.



Obr. 28 Hlava Doubleboxu

Ďalším konštrukčným prvkom nutným pre správne fungovanie celej kinematiky pohybu, bolo nutné vybranie materiálu na nosnej platni (Obr. 29). Kruhový podstavec je spojený s profilom typu L, pomocou skrutky. Pre funkčnosť rotácie bolo potrebné vytvoriť kruhový výrez, ktorý bude umožňovať požadovanú rotáciu. Kruhový výrez je vytvorený tak, že za vycentrovaných podmienok umožňuje rotáciu kruhovej podstavy o ± 20 uhlových stupňov.



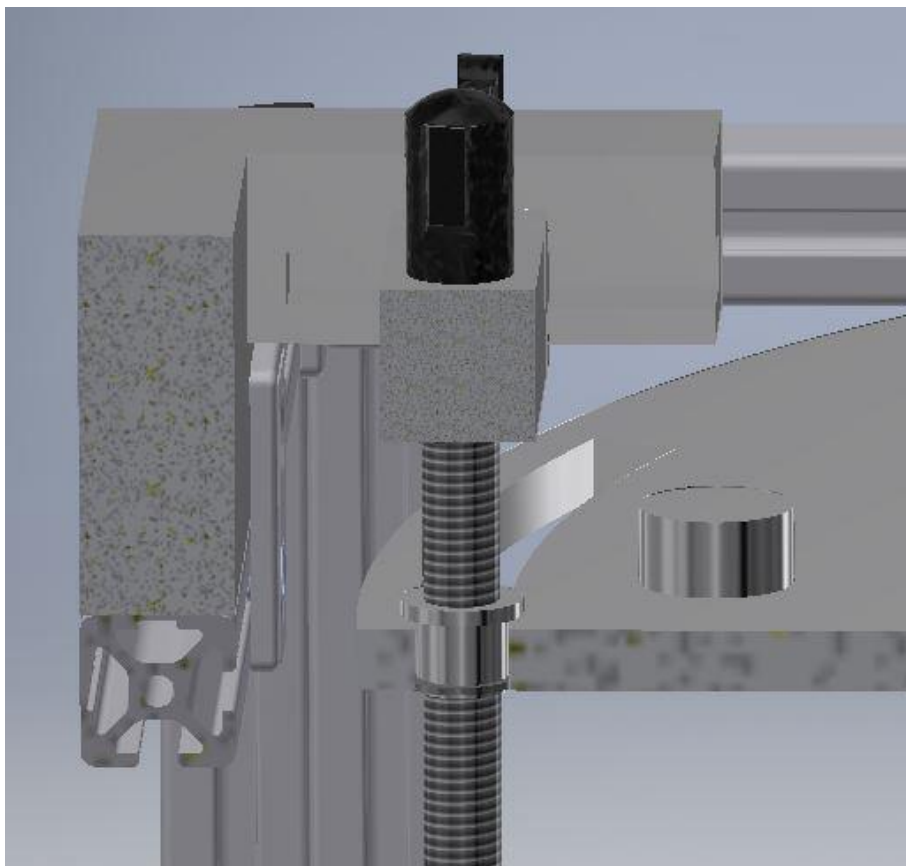
Obr. 29 Nosná platňa

4.1.2 Naklápanie

Samotné naklápanie je riadené skrutkou, prechádzajúcou držiakom na vrchnej strane rámu „L“ profilu, Obr. 30.

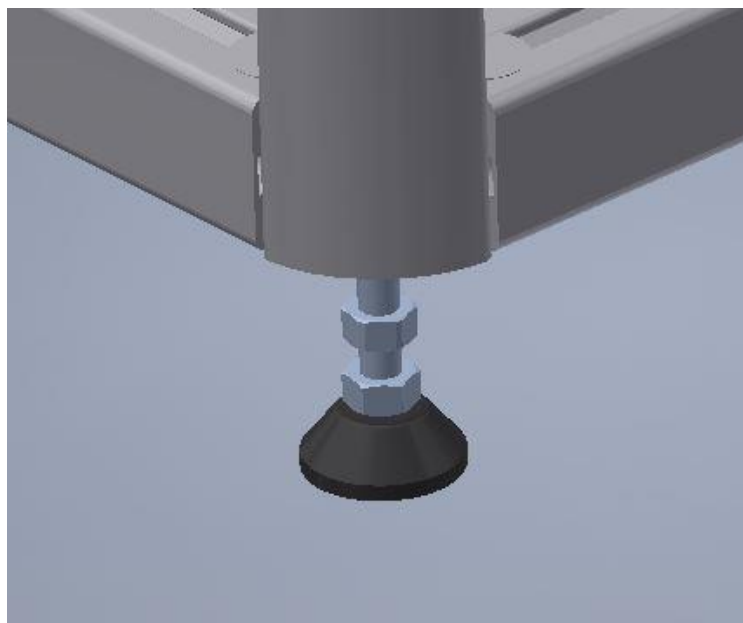
Prvá časť naklápacieho mechanizmu pozostáva najmä z uvoľnenia translačného pohybu uloženia nastavujúcej skrutky. Prítomnosť takéhoto typu riešenia, bola vysoko potrebná, kvôli odstráneniu problému so vzpričením skrutky s kruhovou plochou. Zaistením voľnej translácie a rotácie skrutky už k výslednému vzpričeniu nedochádza. Osa skrutky si po celý čas drží kolmosť k nosnej platni. Skrutka sa voľne otáča v hranole, ku ktorému sú z bočných strán priskrutkované plošky so zalisovanými čapmi.

Druhá a podstatnejšia časť riešenia naklápacieho systému je sústredená v stykových plochách medzi závitom skrutky a závitom matice kruhového prierezu. Natáčanie platne okolo osi „x“ dosiahneme otáčaním skrutky výsuvne uloženej matici v drážke nosnej platne. Matica kruhového prierezu so závitom je v drážke nosnej platne zaistená proti vytiahnutiu poistným krúžkom. Matica má z dvoch protiľahlých strán sférovú valcovú časť, čo zabezpečuje, že sa matica môže v drážke len posúvať, ale nie otáčať. Rotačným pohybom skrutky, poistenej poistným krúžkom, nastáva je zaskrutkovanie alebo vyskrutkovanie. Tým súčasne dochádza k približovaniu alebo k oddiaľovaniu platne k držiaku a tým je zabezpečené otáčanie platne okolo osi „x“ a v rámci možností presné nastavenie sklonu nosnej platne.



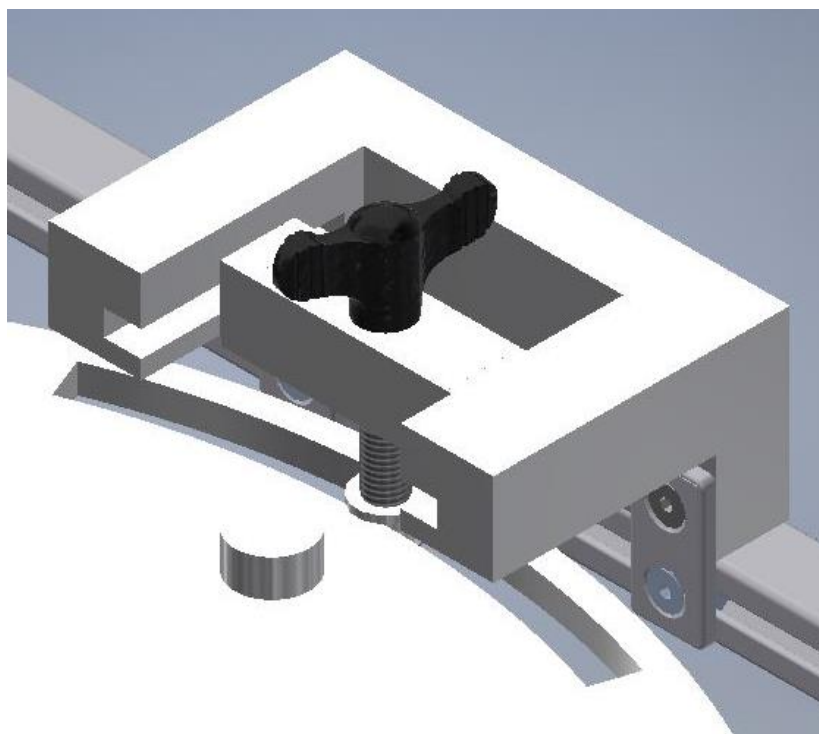
Obr. 30 Pohľad na naklápací mechanizmus

Náklony v okolo osi „z” sú nastavované pomocou nožičiek (Obr. 31), nachádzajúcich sa na spodnej časti rámu. Vďaka zaskrutkovaním nožičiek nachádzajúcich vo všetkých rohoch rámu, je umožnená korekcia náklonov okolo osi „z”.



Obr. 31 Pohľad na nastavovaciu nožičku

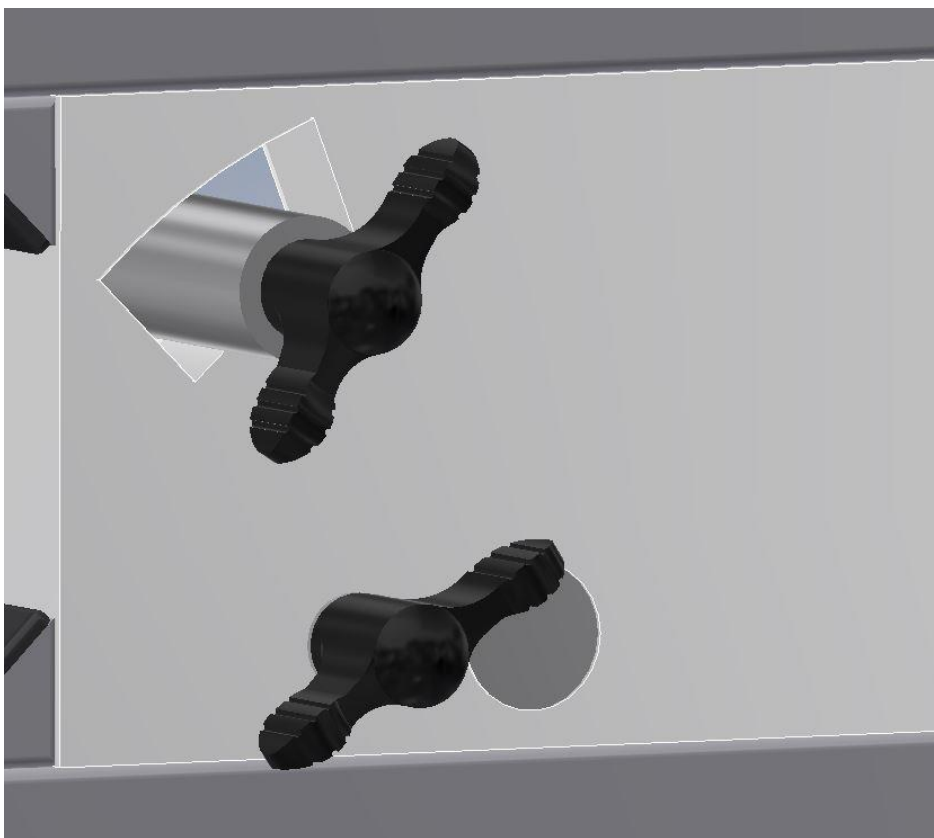
Na čapoch hranola sa nachádzajú kĺzne puzdrá ktoré sa odvaľujú vo vyfrézovaných drážkach (Obr. 32) . Tieto ložiská zabezpečujú jednak hladký posuv ako aj valenie pohyblivého hranola v drážkach držiaku „L” profilu.



Obr. 32 Posuvné uloženie matice v drážke nosnej platne

Pre spojenie kinematických pohybov, ich správne fungovanie a nezávislosť, bolo nevyhnutné vytvorenie vybrání materiálu kruhových výrezov medzi sústrednými kružnicami rôznych polomerov. Tieto vybrania sa nachádzajú na 2 podstatných miestach. Prvé z nich je na doske prichytenej k rámovej konštrukcii zariadenia, Obr. 33. Je vytvorené pre vyústenie skrutky závitovkového prevodu a nachádza sa na oboch strán rámu. Keďže je skrutka priamo spojená s nalisovaným závitovkovým kolom ku kruhovej podstave, sú náklony skrutky totožné s kruhovým podstavcom. Vybranie na tomto mieste umožňuje náklony v celom rozsahu. Nalisované klzné ložisko na vonkajšom polomery hriadeľa, zabezpečuje hladké náklony a posuvy.

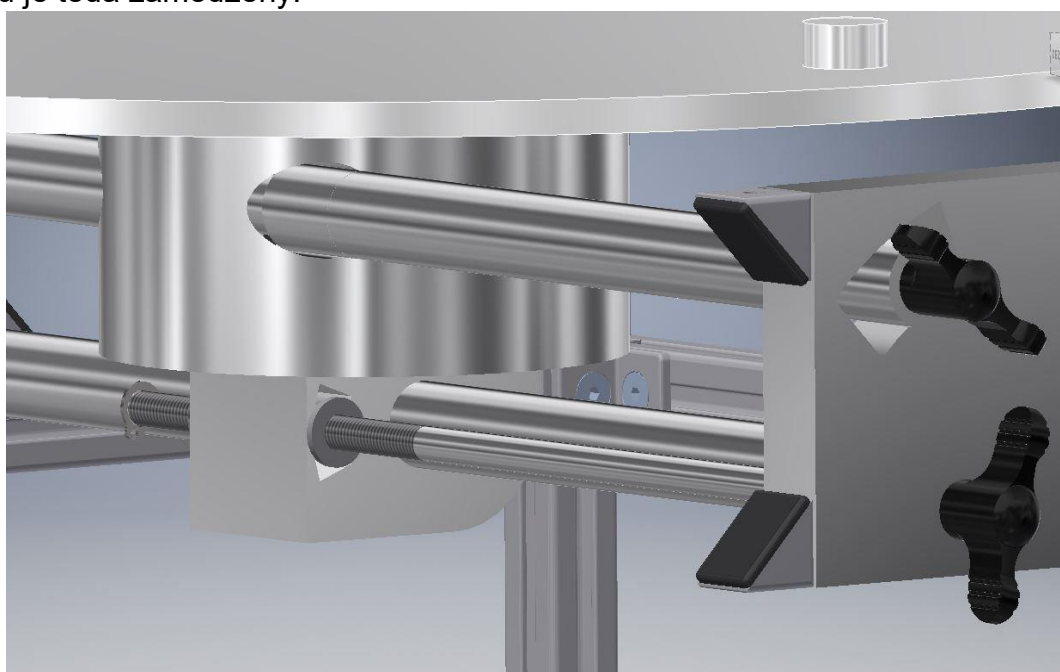
Druhé vybranie materiálu sa nachádza na hlavovej súčiastke. Je to znova podobný kruhový výsek, ktorý umožňuje náklony podstavy v plnom rozsahu. Nachádza sa na mieste riešenia posuvu.



Obr. 33 Vybranie materiálu na doske

4.1.3 Posuv

Tretím a zároveň posledným typom z hlavných určených možností operácií pre precízne nastavenie projektorov, je translačný posuv podstavy pre projektory. Aj pri treťom type je použitý skrutkový typ mechanizmu ovládania. Vzájomná prepojenosť ovládania pohybov prispieva k jednoduchosti obsluhy celej sústavy. Skrutka vystupujúca za rám je spojená so súčiastkou „hlavy“ pomocou závitového súkolesia medzi skrutkou a jednoduchou súčiastkou kruhového prierezu (Obr. 34). Tá je voľne uložená/nalisovaná na klznom ložisku v kruhovom výseku. Zaistená je opäť pomocou poistného krúžku. Otáčanie skrutkou zaisťuje translačný pohyb v ose súčiastky v závislosti na ráme. Skrutka zaisťujúca tento pohyb je nalisovaná na ložisku/voľne uložená v ráme. Na druhej strane rámu je zaistená poistným krúžkom. Axiálny pohyb v ose pre samotnú skrutku je teda zamedzený.



Obr. 34 Detail uloženie valcovej časti skrutky v ráme

4.1.4 Výškové nastavenie – vzájomné

Pre ďalšie zvýšenie možností nastavení daného mobilného zariadenia bolo pri návrhu konštrukcie brané v úvahu aj vedľajšie pohyby. Jedným z nich je vzájomná výškovo nastaviteľná poloha jednotlivých boxov. Výškové nastavenie je v rozmedzí 100 mm. Maximálna výška medzi boxami je 410mm (Obr. 35), zatiaľ čo minimálna činí 310mm (Obr. 36). Slúži na ďalšie prispôbovanie správneho zosynchronizovania projektorov. Nastavovanie vzdialenosti medzi boxami a ich obsluha prebieha pomocou štyroch skrutiek naskrutkovaných na podporných konzolách „L“ profilu v hornej aj dolnej časti rámu. Zaisteným skrutiek nastáva zamedzenie pohybu medzi boxami. Hliníkové profily s vnútornými drážkami štvorcového prierezu sú k vrchnému boxu fixne priskrutkované a teda celá obsluha je riešená len pomocou skrutiek v spodnom boxe.



Obr. 35 Maximálne výškové nastavenie jednotlivých boxov



Obr. 36 Minimálne výškové nastavenie jednotlivých boxov

4.1.5 Modulárna stavba

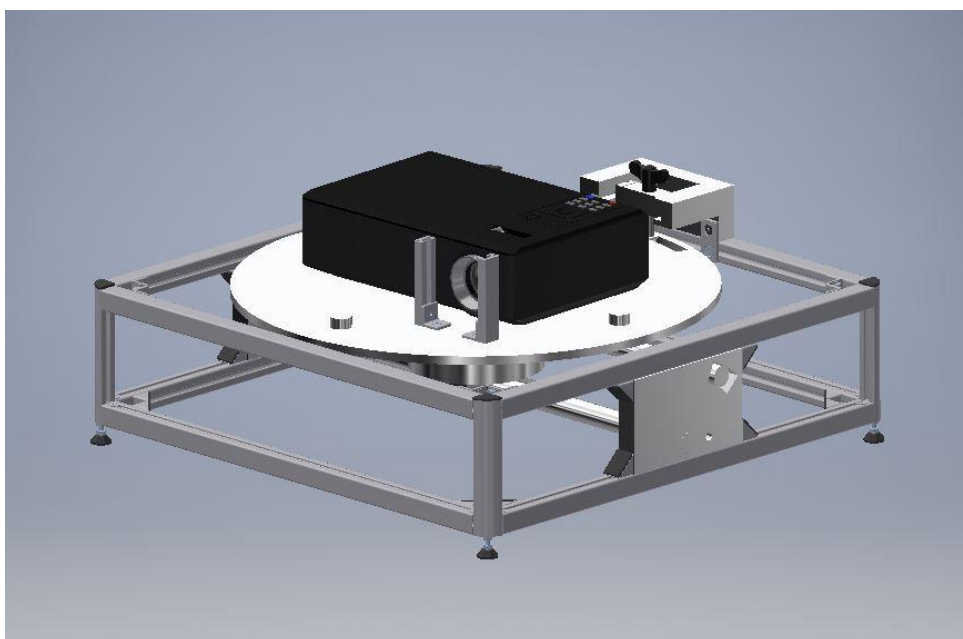
Podstatou modulárnej stavby je možnosť rôznych kombinácií toho istého základného modulu v prevedení pre jeden, dva a prípadne viac projektorov spojených súčasne sériovo a paralelne. Jednotlivé moduly je možné rýchlo a jednoducho spájať a vzájomne výškovo nastavovať. To umožňuje výškové prestavenie modulov podľa druhu použitých projektorov ako aj ich vzájomnú požadovanú vzdialenosť. Celá konštrukcia je konštruovaná na spojenie a nastavenie projektor uložených nad sebou, alebo vedľa seba, prípadne použitím obidvoch prípadov. Konštrukcia v konfigurácii pre štyri projektory (Obr. 37) musí mať obrátené ovládanie pre jednu časť, čo je umožnené vďaka jednoduchému zostaveniu boxu. Spojenie dvoch doubleboxov bočnými hranami k sebe, sa realizuje využitím plieškových komponentov priskrutkovaných k profilom z dolnej časti. Takýto typ rozloženia a použitie projektorov nie je bežný, ale je určite vo viacerých oblastiach použiteľný. Výhody pri kombinovaní štyroch regulárnych projektorov v jeden obraz zahŕňajú ladenie hrán video stien, geometrické korekcie pre zakrivené displeje a samozrejme najmä zvýšenie svetelnosti a jasú obrazu. Posledným neduhom trpia niektoré 3D systémy založené na polarizácii svetla ako napríklad Infitech, [16].



Obr. 37 Aplikácia usporiadania so štyrmi projektormi

4.1.6 Autonómnosť

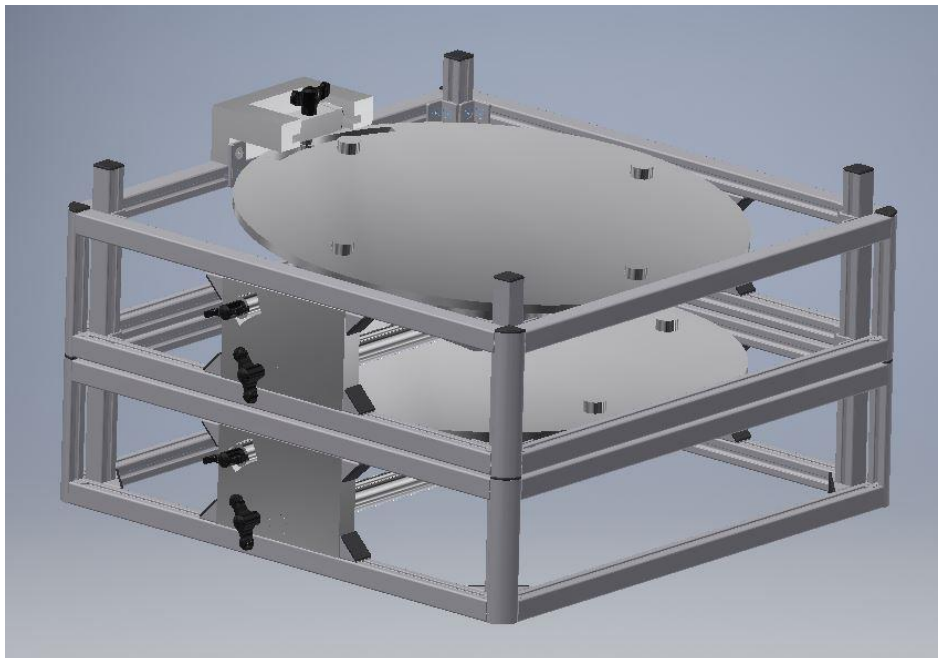
Celá konštrukcia vychádza z jednoduchého princípu skladania unifikovanej konštrukcie jedného základného boxu (Obr. 38) do rôznych kombinácií v prevedení s jedným, dvoma, alebo až štyrmi boxmi. Zhodnosť komponentov jednotlivých častí boxu, zabezpečuje až dvojnásobnú, resp. štvornásobnú využiteľnosť tých istých súčiastok. Jednoduché vybratie vrchnej časti, a jej prípadné odloženie na bok, vytvára možnosti použitia jedného (Obr. 36), alebo oboch boxov nezávisle. Pri danom type celého technologického postupu konštrukcie tak vznikli vedľajšie použitia bez pôvodných zámerov. Všetky pohybové funkcie pri nastavovaní majú plnú účinnosť v celom spektre bez nejakých obmedzení. Druhou možnosťou tohoto „legového“ prístupu k riešeniu, je taktiež možnosť naskladania väčšieho množstva nosných rámov na seba, a teda získanie kontroly nad manipulovaním s väčším počtom zobrazovacích zariadení. Význam takéhoto typu zloženia rámov zatiaľ nie je vo všeobecnosti potrebný, v spojení ale všestranného smeru uberania sa 3D VR jeho prínos taktiež vylúčiť nemôžeme.



Obr. 38 Usporiadanie s jedným projektorom

4.1.7 Minimalizácia rozmerov – box (zloženie)

Zostava postávajúca z hliníkových profilov má vonkajšie rozmery presne určené. Vďaka princípu zakladania jedného boxu nad druhý pomocou hliníkových profilov slúžiacich ako rozperné tyčky je možné v prípade potreby, najmä pri prenose celého doubleboxu znížiť maximálnu výšku zariadenia. Minimálna výška, vzdialenosť medzi dvoma boxami je limitovaná držiakom pre skrutku nastavujúcu výšku, ktorý je k rámovému profilu priskrutkovaný cez ploškové komponenty. V prípade prenosov výška sústavy klesne, teda úschova a manipulácia so zariadením sa stane jednoduchšia. Vo výnimočných prípadoch, pokiaľ je úplne minimalizovať vonkajšie rozmery, prichádza ešte možnosť jednoduchého oddelia držiaku od rámovej konštrukcie, vyskrutkovaním 2 skrutiek M3. Takáto konfigurácia (Obr. 38) ma teda kompaktné rozmery, a pomáha zjednodušovať manipuláciu so zariadením.



Obr. 39 Minimalizácia rozmerov Doubleboxu

5 Technológia výroby

Medzi základné požiadavky, ktoré som si stanovil pri návrhu nového doubleboxu boli:

- hmotnosť nového zariadenia musí byť porovnateľná alebo nižšia ako je súčasné riešenie,
- maximálna modulárnosť, aby bolo možné základný modul boxu kombinovať do rôznych variantov
- pokiaľ možno čo najviac použiť typizované a komerčne dostupné súčiastky,
- nízke ekonomické náklady na výrobu a montáž.

Pôvodne som rám boxu plánoval vyrobiť z hliníkových pásových plechov. Uvedené riešenie má vysokú hmotnosť a je technologicky a cenovo náročné. Z uvedeného dôvodu som sa rozhodol pre návrh konštrukcie rámu z unifikovaných dielov od firmy Haberkorn.

Výhodou konštrukčného riešenia je aj maximálna unifikovanosť a veľkosť rozmerov jednotlivých súčiastok použitých pri konštrukcii boxu. Jedná sa napr. o posuvné skrutky, zaisťovacie podložky a klzné puzdrá. Pri konštrukcii sa využívajú opakujúce sa rovnaké konštrukčné prvky pre zabezpečenie rôznych pohybov,

5.1.1 Materiál – nízka hmotnosť

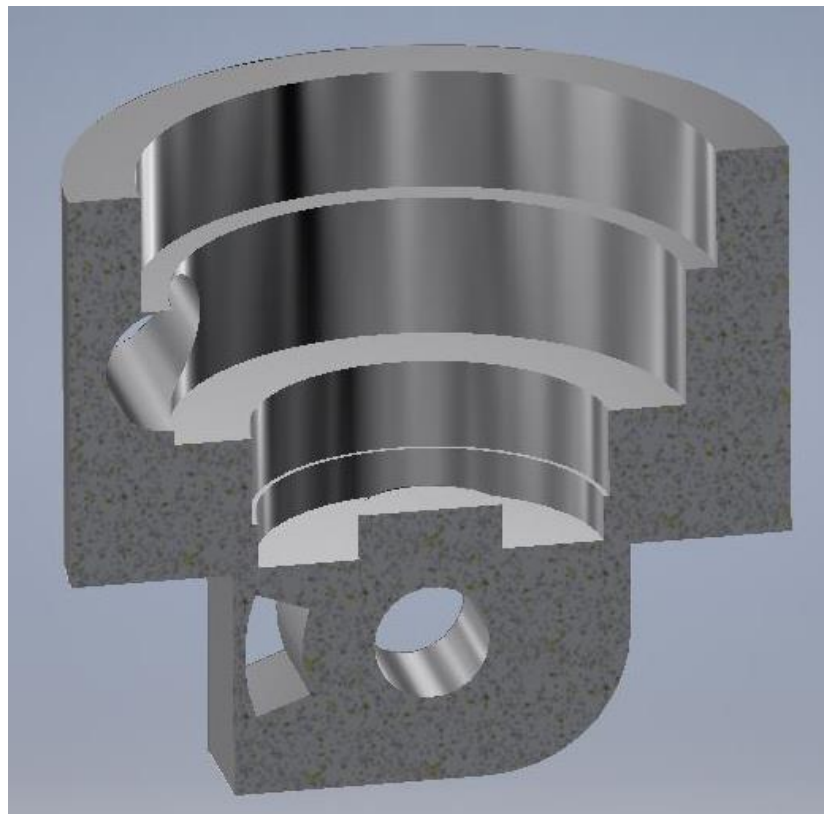
Nízku hmotnosť konečného výrobku môžeme dosiahnuť buď úsporou množstva materiálu, zmenou druhu materiálu, alebo ich kombináciou. Ja som pri návrhu základného modulu boxu využil tretiu možnosť, teda kombináciu úspory materiálu a zmenu druhu materiálu.

Pri svojom návrhu som sa snažil o maximálnu úsporu materiálu. To som dosiahol maximálnym odľahčením jednotlivých súčiastok. Napríklad odľahčením súčiastky „hriadeľ“ sme dosiahli úsporu hmotnosti takmer o jednu polovicu. Ďalšiu úsporu sme dosiahli zmenou hrúbky bočných stien. Pôvodnú hrúbku plechov sme zmenšili z 20 milimetrov na 10 čím sme dosiahli úsporu hmotnosti o 200g.

Zmenou druhu materiálu je možné dosiahnuť významnú úsporu na hmotnosti. Riešením je náhrada niektorých súčiastok vyrobených z hliníka za plast. Prípadnou náhradou hliníka za plast, by bolo možné ušetriť ďalšiu úsporu hmotnosti až do výšky 28% na hmotnosti nosnej platne, hlavy a hriadeľa.

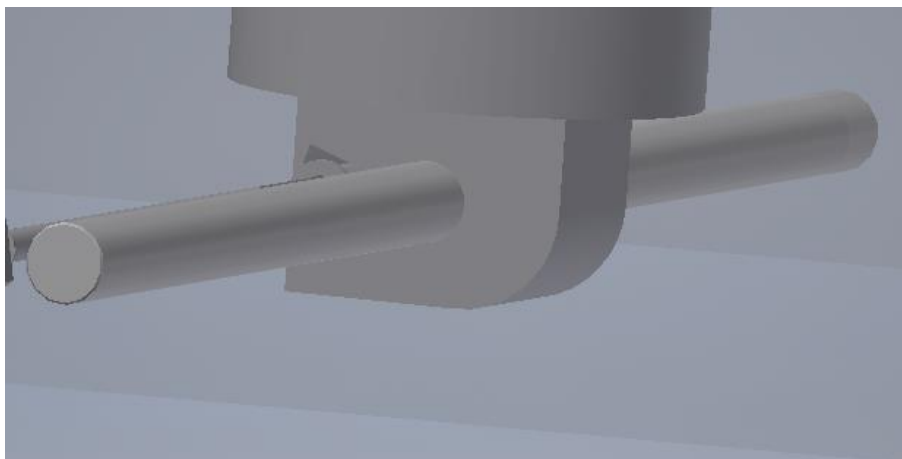
5.1.2 Uloženie

Asi najkomplikovanejšia súčiastka nachádzajúca sa v celej zostave mobilného zariadenia je hlava zariadenia. Nachádza sa v strede nosného rámu vo vrchnej aj spodnej časti. Hlavová súčiastka je uložená na centrálnej hriadeľi. V istom slova zmysle sa v nej stretávajú všetky hlavné pohyby určené pri definovaní kinematiky. Rotácia nosnej platne pre projektory je teda zabezpečená pomocou ložiska medzi (axiálneho guľového) súčiastkou a hriadeľom. Vďaka vybratiu materiálu medzikruhového prierezu (Obr. 40) je toto naklápanie umožnené v celom rozsahu. Vnútri kruhovej časti sa nachádza vybratie materiálu v ktorom je uložených hneď niekoľko komponentov. Guľôčkové ložisko je jednou stranou nalisované k hlavovej súčiastke, druhou na hriadeľ uzatvárajúcou tento komponent. Tým pádom zabezpečuje toto uloženie hladkú rotáciu s minimálnym trením. Nad ložiskom sa nachádza tesné uloženie závitovkového kola, ktoré prenáša moment pomocou zaistenia tesným perom. Hriadeľ je zachytená ku kruhovému podstavu pomocou štyroch skrutiek z dolnej strany. Vybranie kruhového výrezu v súčiastke o priemere 14mm, zabezpečuje voľné uloženie závitovky v súčiastke. Nachádza sa vo výške uloženia závitovkového kola. Osová vzdialenosť závitovkového súkolesia je rovná vzdialenosti kruhového výrezu od osy rotácie hlavovej súčiastky.



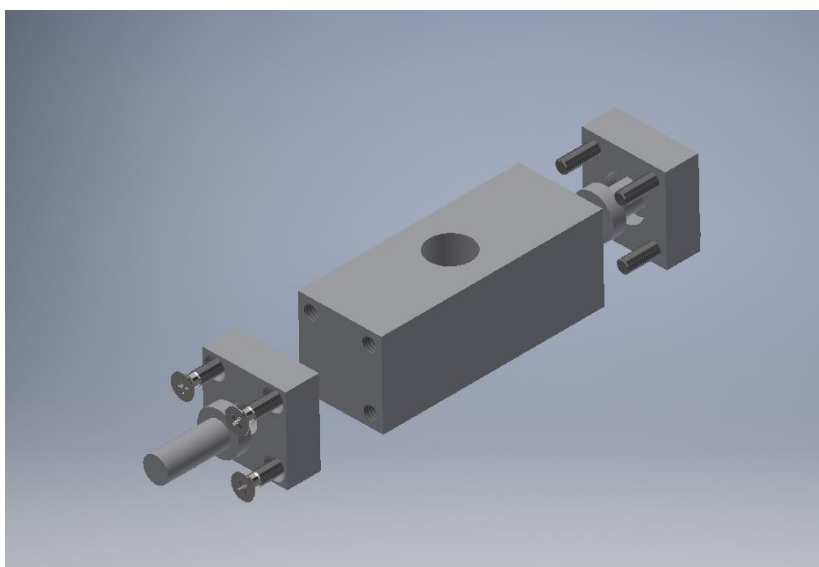
Obr. 40 Rez hlavy

Hriadeľ (Obr. 41), na ktorej je voľne uložená hlavová súčiastka má uložené obidva konce v doske pripevnej k rámovému profilu, a taktiež sú z oboch strán z vnútornej strany zaistené poistným krúžkom. Os hriadele tvorí os naklápania celej pohyblivej časti mobilného zariadenia. Všetky výrezy materiálu, na ráme alebo súčiastkach ktoré umožnenú naklápania sú vzťahnuté k tejto ose.



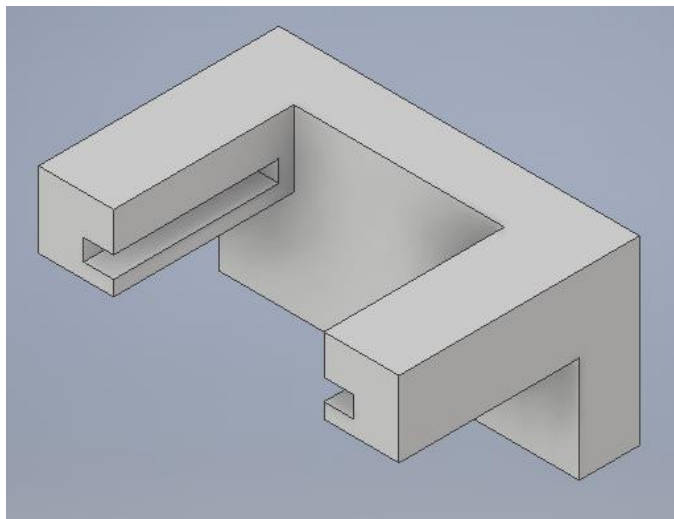
Obr. 41 Uloženie otočného hriadeľa

V hranole s vonkajšími rozmermi 20x20x53 mm sa nachádza priečne vyvŕtaná diera, v ktorej je uložená skrutka na obsluhu náklonu kruhovej podstavy. V bočných hranách sú vyvŕtané 4 diery so závitom M3, ktoré zaistujú hranol s ploškami. Plošky s rozmermi 20x20x8 mm majú podobné vyvŕtané diery v rohoch, pričom každá os diery je vzdialená 3 mm od hrany. Na strednici je diera rozmeru $\varnothing 3$ mm ktorá je zapustená z vnútornej strany do plošky, kvôli nalisovaniu čapu. Na čape sa nachádza nalisované klzné ložisko. Celá sústava (Obr. 42) je pomocou skrutiek spojená v jedno teleso, potrebné na zabezpečenie voľnosti translácie a rotácie v ose.



Obr. 42 Zostava Hranola s vodiacími kolíkmi

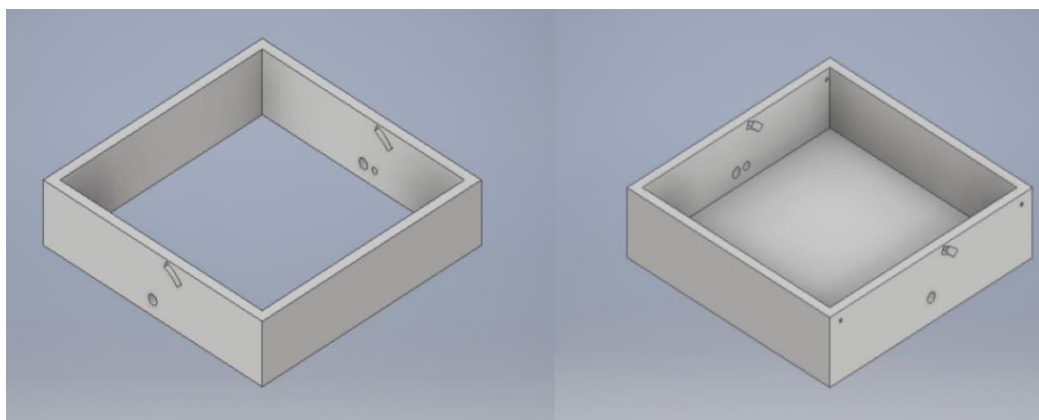
Držiak „L“ profilu (Obr. 43), v ktorého drážke je vložený hranol, sa nachádza na vrchnej ploche rámu. V drážka sa posúvajú a valia čapy od hranolovej sústavy, na konci zabezpečené dvojicou skrutiek a podložky k profilu. „L“ profil je k rámovej konštrukcii priskrutkovaný dvomi skrutkami M5. Je teda jednoducho vymontovateľný v prípade maximálneho zníženia rozmerov pri prenosoch boxu. Vyskrutkovaním bočných skrutiek sa zníži maximálna výška mobilného zariadenia a teda aj kompaktná vonkajšie rozmery.



Obr. 43 Držiak „L“ profilu

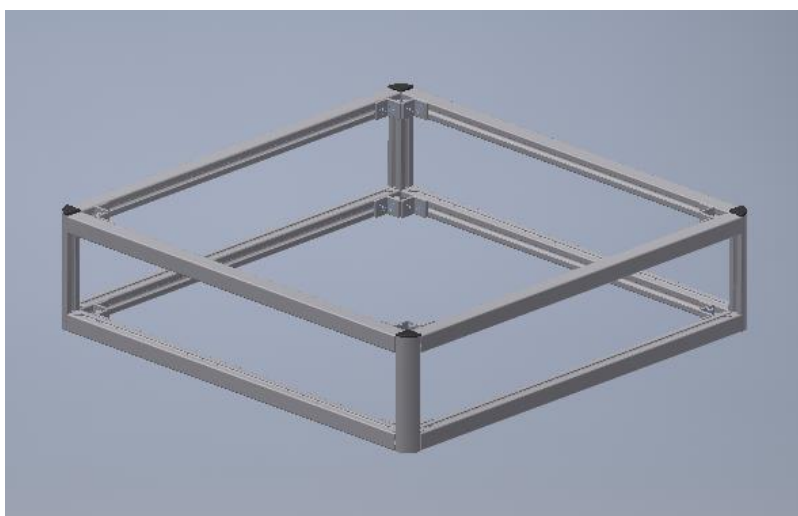
Nosná rámová konštrukcia, či už vrchná alebo spodná je elementárna pre osadenie a upevnenie celej zostavy. Celá konštrukcia rámu, si prešla počas práce značnými zmenami ktoré boli kľúčové najmä kvôli zníženiu hmotnosti celej sústavy.

Prvotný návrh (Obr. 44) spočíval vo zvarovanej konštrukcii pozostávajúcej z jednoduchých hliníkových profilov . Výškové nastavovanie bolo riešené pomocou privarenia „L“ profilov na vnútorné hrany rámovej konštrukcie, v ktorých stĺpikové tyče voľne kĺzali. Zaistene týchto komponent bolo realizované pomocou štyroch skrutiek nachádzajúcich sa v rohoch rámu. Najväčším rozdielom medzi vrchným a spodným rámom, bola absencia spodnej výplne plochy pri vrchnom ráme.



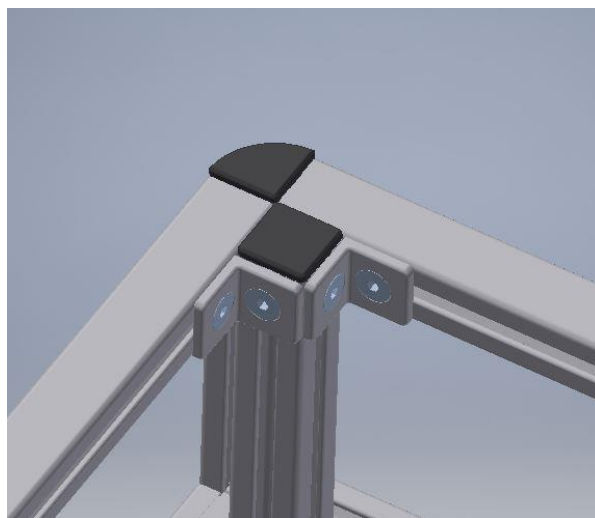
Obr. 44 Nosný rám vytvorený z pásových profilov

Kvôli vyššie spomínanému šetreniu hmotnosti bola celá rámová konštrukcia zváraného typu zamenená za jednoduché hliníkové profily štvorcového prierezu. V profiloch sa v dvoch stenách nachádzajú drážky, slúžiace na upevňovanie jedného profilu k druhému pomocou zaskrutkovacieho setu. Celkovo 8 hliníkových profilov dĺžky 480mm a štyri zaoblené hliníkové profily, slúžiace ako bočné tyče, boli použité na zostavenie rámu. Rámová konštrukcia (Obr. 45) vrchná aj spodná je pri tomto type riešenia úplne totožná, a teda či už ich zámena, alebo samostatná autonómnosť je možná v plnom rozsahu. Tyčové profily slúžiace k zaisťovaniu vzájomnej vzdialenosti boxov sú k rámovej konštrukcii prichytené pomocou komponent „L“ profilu. Zaskrutkovaním sú profily pevne prichytené k rámu a fixujú presnú vzdialenosť medzi rámami.



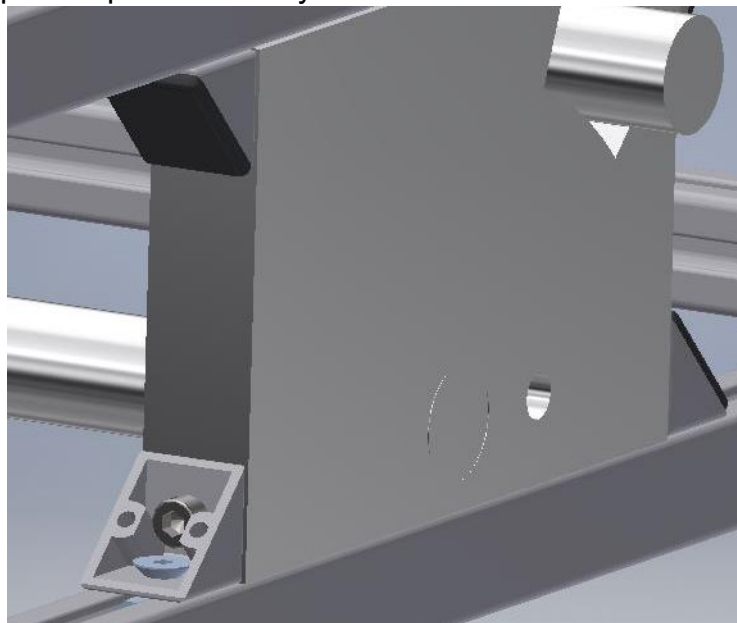
Obr. 45 Nosný rám vytvorený zo stavebnicového systému

Tyčové profily slúžiace k zaisťovaniu vzájomnej vzdialenosti boxov sú k rámovej konštrukcii prichytené pomocou komponent „L“ profilu, Obr. 46. Zaskrutkovaním sú profily pevne prichytené k rámu a fixujú presnú vzdialenosť medzi rámami.



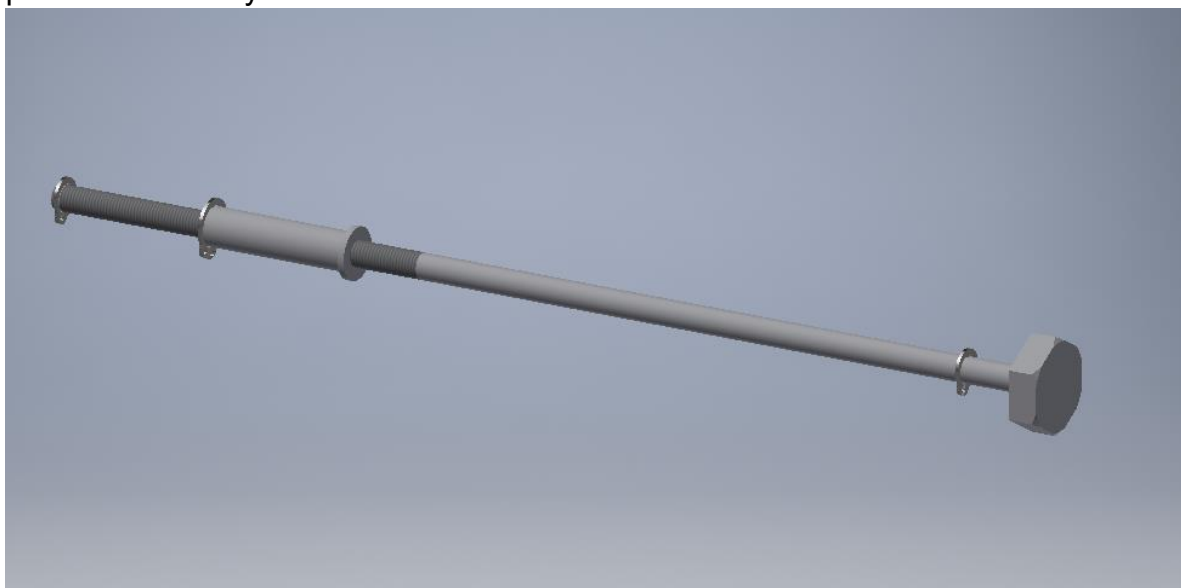
Obr. 46 Detail rámu pripojenia ďalšieho boxu

Doska (Obr. 47) primontovaná medzi rámové profily zabezpečuje uloženie skrutiek, nastavujúcich hlavné osové pohyby ako aj centrálného hriadeľa, ktorý tvorí os naklápania celej zostavy. Medzikruhovú vybranú materiálu v doske zabezpečuje náklony nosnej platne v celom rozsahu. Vynímajúc tento prvok, by bolo nakláňanie platne zamedzené, podobne ako u hlavovej súčiastky. Doska je pevne prichytená k rámovému profilu použitím komponenty trojuholníkového prierezu. Z jednej strany spojená s profilom poistnou skrutkou o drážku profilu. Ku doske je komponent priskrutkovaný.



Obr. 47 Uchytenie dosky v ráme

Skrutka (Obr. 48) určená na translačný posuv projektoru je uchytená v doske prichytenej ku rámu. Vo vyvrtanej diere je skrutka voľne uložená a zaistená z vnútornej časti poistným krúžkom. Rotačný pohyb skrutky je tým pádom umožnený.



Obr. 48 Zostava skrutky pre translačný pohyb nosnej platne

Súčiastka kruhového prierezu sa jednej časti sústavy nachádza hneď 2 krát. Súčiastka (Obr. 49) je využívaná na prevedenie rotačného pohybu skrutky k translačnému posuvu pozdĺž jej osi. Jej prvé použitie takéhoto princípu sa nachádza na skrutke zabezpečujúcej náklony kruhovej podstavy. Súčiastka má vrchnú časť opatrenú o zvýšený polomer materiálu na hodnotu $\varnothing 16$ mm o hrúbke 2mm, pre správne „dosadenie“ a zaistenie súčiastky z jednej strany. Na opačnom konci je súčiastka zaistená poistným krúžkom. Bočné pridanie materiálu, s adekvátnym polomerom slúži na zaistenie rotačného pohybu súčiastky voči telesu v ktorom sa nachádza.



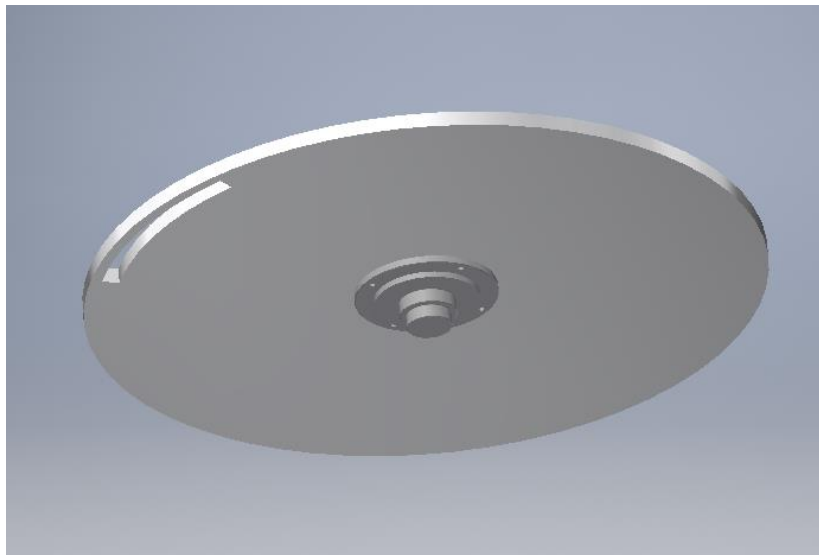
Obr. 49 Detail dlhej vodiacej matice

Druhé využitie súčiastky (Obr. 50) sa nachádza v medzikruhovom výreze materiálu v hlavovej súčiastke. Súčiastka je na oboch koncoch totožne zaistená a aj hodnoty polomerov rozmerov sú zhodné. Jediný rozmer ktorý odlišuje súčiastky od seba je celková dĺžka. Tá pri osadení v hlavovej súčiastke väčšia. Nalisované klzné ložisko na vonkajšom plášti súčiastky zabezpečuje nízke trenie pri naklápaní súčasti. Vyfrézovanie časti materiálu pri obidvoch vodiacich maticiach, zabraňuje voľnej rotácii matici vo vybraní a umožňuje jej správne fungovanie



Obr. 50 Detail krátkej vodiacej matice

Nosná platňa (Obr. 51) pre umiestnenie dataprojektorov spája hlavu a hranolový systém so skrutkou určenou na naklápanie. So skrutkou je spojená uložením kruhovej súčiastky so závitom, v kruhovom výreze podstavy. Štvorica priskrutkovaných skrutiek s osovou vzdialenosťou 42mm zaisťuje plné spojenie nosnej platne s hriadeľom.



Obr. 51 Spojenie nosnej platne s hriadeľom

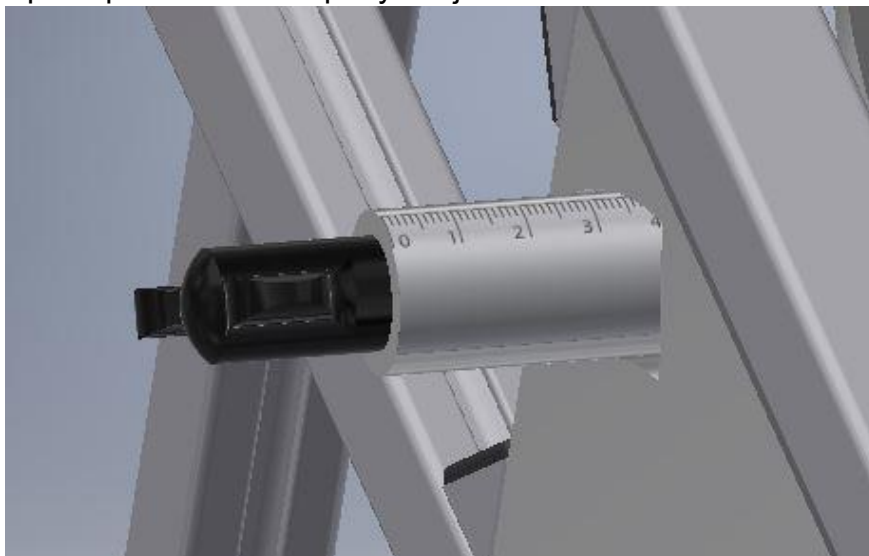
Projektory podporujúce 3D technológiu Infitec, vyžadujú na správne fungovanie polarizačný filter. Uchytenie takého polarizačného filtra sa nachádza na nosnej platni. Slúžia k tomu úzke a krátke profily (Obr. 52), ktoré sú k nosnej platni priskrutkované pomocou komponenty „L“ profilu. Keďže rozmery jednotlivých projektorov projektorov sú rozdielne, diery pre skrutky sú riešené dodatočne.



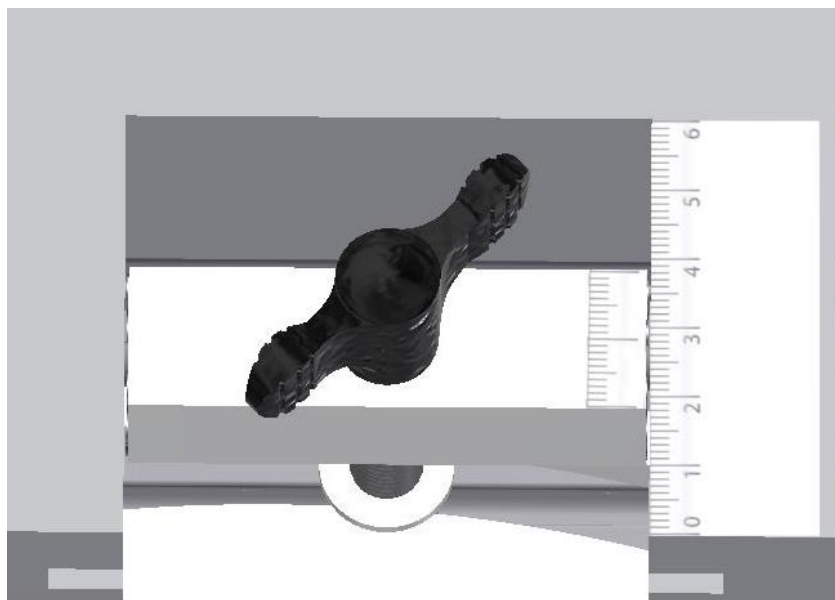
Obr. 52 Uchytenie polarizačného filtra

5.1.3 Presné nastavenie – nezávislé stupne

Pri opakovanom používaní a najmä premiestňovaní doubleboxu, sa často budú nastavenia polohy projektorov meniť. Zmeny polohy vplyvajú negatívne na rýchlosť obsluhy zariadenia. Na zaistenie správneho a prípadne opakujúceho sa nastavenia polohy nosnej platne, boli pridané číselné mierky na plochy súčiastok. Keďže všetky mechanické pohyby doubleboxu sú sprostredkované pomocou skrutiek, presné a jemné nastavenia polohy a jej následné zaistenie bude bezproblémové. Čiarové mierky sú na povrch súčiastok prilepené. Názorná ukážka stupňov pre nastavenie pohybov je na obrázku 53 a 54 .



Obr. 53 Detail mierky na rotačnej skrutke



Obr. 54 Mierka umiestnená na držiaku

6 Ekonomika výroby

Pri návrhu cien jednotlivých komponentov som komunikoval priamo s ich dodávateľmi. Jednalo sa najmä o rám boxu, závitovkové súkolesie a axiálne ložisko. Cenová ponuka závitovkového súkolesia je uvedená v obrázku 55.

Dobrý den,
děkujeme Vám za poptávku. Nejsme výrobci těchto komponentů,
proto Vám mohu nabídnout pouze provedení a materiál uvedené v našem katalogu.
<https://www.teatechnik.cz/typ-ii/>

Nabízíme:

1 pár šnekový převod typ 1,5/3 S, modul-1,5, 15,33:1, šnek + šnek. Kolo |... 140,00 EUR / pár
Dodací termín: cca. 3-4 týdny
Cena je uvedena bez DPH.
Meziprodej vyhrazen.

S pozdravem
Jiří Fišer
obchodně-technický referent



T.E.A. TECHNIK s.r.o.
Vintrovna 448/1f, 664 41 Popůvky u Brna

Obr. 55 Doklad cenovej ponuky súkolesia

Cenová ponuka rámu boxu z profilu stavebnicového systému od firmy Haberkorn je znázornená v prílohe č. 1.

Cenu ložiska SKF 51405 som dostal od výrobcu a je 40 eur. Súčasne som odhadol ceny neštandardne vyrábaných súčiastok ako je nosná platňa, hlava a hriadeľ. Sumárne odhadujem cenu uvedených súčiastok na :

- Hriadeľ - 10 eur
- Hriadeľ - 12 eur
- Nosná platňa - 15 eur
- Hlava - 50 eur

Na základe uvedených skutočností bude cena uvedeného doubleboxu 1010 eur. Vyrábané súčiastky môžu byť vyrobené tak z hliníka ako aj z plastov s vysokou pevnosťou. Zvolený materiál má vplyv jednak na cenu súčiastok, ako aj na ich hmotnosť. Pri zmene materiálu z hliníka na plast, bude ale žiadúce vykonať pevnostný prepočet uvedených súčiastok, čo ale nebolo predmetom tejto bakalárskej práce.

7 Záver

Predložená bakalárska práca je zostavená z piatich odborných kapitol plus úvod a záver.

Prvá kapitola sa zaoberá analýzou súčasného stavu a vývojom technológií virtuálnej reality. V tejto kapitole som okrem rozdelenia súčasných technológií popísal ich výhody, nevýhody a perspektívu ďalšieho vývoja. Z vykonanej analýzy je zrejmé, že uvedené technológie smerujú k maximálnemu priblíženiu človeka k realite, alebo virtuálnom prostredí. Uvedené technológie sa dnes využívajú jednak na rýchly návrh 3D konštrukcií, optimalizáciu ich montáže, simuláciu mechanických pohybov a testovaniu navrhnutých zariadení. Pre tieto technológie sa dnes používajú výkonné projektory v rôznych kombináciách.

Kapitola dva je venovaná súčasnej konštrukcii doubleboxu, ktorý je využívaný na ústave výrobných strojov, systémov a robotiky. V nej podrobne analyzujem výhody a nevýhody vyrobenej konštrukcie. Určil som kinematiku požadovanú pre jednotlivé typy pohybov, ako aj možnosti rôznych usporiadaní jednotlivých projektorov. Výsledok tejto analýzy bol základ pre návrh konštrukcie ktorú som rozpracoval.

Jadrom mojej práce je návrh novej modulovej konštrukcie doubleboxu. Základom celého zariadenia je modulový box, ktorý možno využívať v jedno, dvoje alebo štvôr variantnej kombinácii. Najviac si pri celom návrhu cením fakt, že sa mi podarilo navrhnuť pohyby tak, že umožňujú jednoduché, presné a opakovateľné nastavenie polohy projektoru tak v samotnom boxe, ako aj vzájomné nastavenie projektorov pri skupinovom usporiadaní boxov.

V závere práce som krátku kapitolu som venoval technologickejšiemu celému zariadeniu. Pri návrhu konštrukcie som sa snažil v maximálnej miere využiť typizované a štandardne vyrábané prvky. Jedná sa napríklad o závitovkové súkolesie alebo rám boxu. Súčasne som pri návrhu konštrukcie dbal na to, aby váha zariadenia nebola vysoká. Preto som viaceré diely navrhol z hliníka a plastu. Neštandardne vyrábanými súčiastkami sú nosná platňa, hlava a hriadeľ. Z technologického hľadiska sa ale nejedná o komplikované súčiastky. Uvedené súčiastky môžu byť vyrobené tak z hliníka, ako aj z plastov so zvýšenou konštrukciou.

Štvrtá kapitola je venovaná ekonomickému zhodnoteniu navrhutej modulovej konštrukcie. Pri zisťovaní ceny typizovaných súčiastok som komunikoval s výrobcami navrhovaných súčiastok. Jedná sa napríklad o rám boxu, závitovkové súkolesie a axiálne ložisko. Na základe predložených čiastkových ponúk a pri odhade cien vyrábaných súčiastok odhadujem cenu jedného boxu na čiastku 500 eur.

8 Zoznam použitých zdrojov

- [1] History Of Virtual Reality. *Virtual Reality Society* [online]. c2017 [cit. 22. 5.2019]. Dostupné z : <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html>
- [2] KYSELOVA, Vrejia. 4 Virtual Reality Applications in the Automotive Industry. *Jasoren* [online]. c2019 [cit. 22.5.2019]. Dostupné z : <https://jasoren.com/4-virtual-reality-applications-in-the-automotive-industry/>
- [3] VNUK, Peter. Virtuálna realita vs rozšírená realita. *NEXTECH* [online]. 4.2.2018 [cit. 22.5.2019]. Dostupné z : <https://www.pcrevue.sk/a/Virtualna-realita-vs-rozsirena-realita>
- [4] LIBA, Miloš. Virtuálna realita a jej využitie pri riešení vybraných úloh. *Transfer inovácií*. December 2008 [cit. 22.5.2019]. Dostupné z : <https://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/12-2008/pdf/155-158.pdf>
- [5] Virtuálna realita ako najpríťažlivejšia forma hrania hier blízkej budúcnosti. *Cityhub* [online]. Poprad, [cit. 22.5.2019]. Dostupné z : <http://virtualnarealitapoprad.sk/>
- [6] Co je 3D stereoskopie?. *GALI-3D* [online]. České Budějovice, c2011 [cit. 22.5.2019]. Dostupné z : <http://cs.gali-3d.com/stereoskopie-princip-3d/>
- [7] 3D technologická knihovna – pasivní 3D stereoskopie. *GALI-3D* [online]. České Budějovice, c2011 [cit. 22.5.2019]. Dostupné z : <http://cs.gali-3d.com/stereoskopie-pasivni-3d/>
- [8] VALENT, Martin. Skoro 3D aj na klasickom televízore. *In Vivo* [online]. 29.2.2012 [cit. 22.5.2019]. Dostupné z : https://invivomagazin.sk/3d-zobrazovacie-technologie-alebo-ktory-televizor-kupit_115.html
- [9] Aktivní 3D stereoskopická technologie. *GALI-3D* [online]. České Budějovice, c2011 [cit. 22.5.2019]. Dostupné z : <http://cs.gali-3d.com/stereoskopie-aktivni-3d/>
- [10] Kupujeme televizor:3D ano, či ne? Pasivní či aktivní?. *AVmania* [online]. 22.12.2011 [cit. 22.5.2019]. Dostupné z : <https://avmania.e15.cz/kupujeme-televizor-3d-ano-ci-ne-pasivni-ci-aktivni>
- [11] 3D polarizační modulátor (aktivně-pasivní projekce). *GALI-3D* [online]. České Budějovice, c2011 [cit. 22.5.2019]. Dostupné z : <http://cs.gali-3d.com/stereoskopie-3d-modulator/>
- [12] 3D auto-stereoskopické monitory (3D bez brýlí). *GALI-3D* [online]. České Budějovice, c2011 [cit. 22.5.2019]. Dostupné z : <http://cs.gali-3d.com/autostereoskopie-3d/>
- [13] 3D technologická knihovna – Anaglyf (červeno-modré 3D brýle). *GALI-3D* [online]. České Budějovice, c2011 [cit. 22.5.2019]. Dostupné z : <http://cs.gali-3d.com/stereoskopie-anaglyf-3d/>
- [14] KRÍŽENECKÝ, Jan. Anaglyf. *Stereograf* [online]. [cit. 22.5.2019]. Dostupné z : <http://stereofotograf.eu/navody/anaglyf/>
- [15] LIVOLSI, Bill. The renaissance of 3D: How the new 3D technologies work. *Projector Central* [online]. Sunnyvale, 5.2.2010 [cit. 22.5.2019]. Dostupné z : https://www.projectorcentral.com/3d_projectors_technology.htm?page=Interference-Filter

- [16] KLEIN, Alexander. Interference Filters (Wavelength multiplex visualisation) / Infitec. *Stereoscopy* [online]. c1999. Poslední změna 11.4.2006 [cit. 22.5.2019]. Dostupné z : <http://www.stereoscopy.com/faq/interference-filters.html>
- [17] Powerwall. *TechViz* [online]. Paris, [cit. 22.5.2019]. Dostupné z : <https://www.techviz.net/powerwall>
- [18] KENYON, Robert V.. The cave automatic virtual environment: characteristics and applications. Dostupné z : <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=19960026482>
- [19] Powerwalls. *BARCO* [online]. Kortrijk, [cit. 22.5.2019]. Dostupné z : <https://www.barco.com/en/products/powerwalls>
- [20] FUCHS, Philippe, Guillaume MOREAU a Pascal GUITTON, ed. *Virtual reality: concepts and technologies*. 2e édition. Boca Raton, FL: CRC Press, 2011. ISBN 04-156-8471-4.
- [21] WOGNUM, Wouter. Motion tracking system. *Fontys* [online]. 2008 [cit. 22.5.2019]. Dostupné z : <http://www.fontysvr.nl/facilities-and-systems-in-vr-lab/motiontracking>
- [22] SILLERO, Antonio Serrano. How is electromagnetic motion tracking used in VR/AR?. *PREMO* [online]. 4.10.2017 [cit. 22.5.2017]. Dostupné z : <https://3dcoil.grupopremo.com/blog/electromagnetic-motion-tracking-virtual-reality/>
- [23] Elite Screens shows off polarised 3D/2D projection. In: *Youtube* [online]. 26.6.2013 [cit. 22.5.2019]. Dostupné z : <https://www.youtube.com/watch?v=qO7BhJwtaVA>. Kanál uživatele Inavate
- [24] HEARTWOOD. 3D interactive tech talk – canadian, us military using gaming,VR. In: *HEARTWOOD* [online]. Marec 2016 [cit. 25.5.2019]. Dostupné z : <https://hwd3d.com/blog/3d-interactive-tech-talk-canadian-us-military-gaming-vr/>
- [25] TOCK, Alex. Augmented And Virtual Reality Aid BMW Production Processes. In: *BIMMER LIFE* [online]. 29.4.2019 [cit. 22.5.2019]. Dostupné z : <https://bimmerlife.com/2019/04/29/augmented-and-virtual-reality-aid-bmw-production-processes/>
- [26] KEBO, Vladimír a Oldřich KODYM. Virtuální realita a řízení procesů: [odborná publikace]. Ostrava: VŠB-TU Ostrava ve vydavatelství Montanex, 2011. ISBN 978-80-7225-361-6.
- [27] JONES, Owen Daly. Don't believe the Hype, believe the ethnography. In: *Medium* [online]. 20.7.2018 [cit. 22.5.2019]. Dostupné z : <https://medium.com/sutherland-labs/dont-believe-the-hype-believe-the-ethnography-10a9661874ac>
- [28] Polar bryle. In: *old.spsemoh.cz* [online]. [cit. 22.5.2019]. Dostupné z : <http://old.spsemoh.cz/vyuka/zel/3d.htm>
- [29] 3D Anagly. In: *CONNOR'S PORTFOLIO* [online]. [cit. 22.5.2019]. Dostupné z : <http://13csmit1.weebly.com/3d-anaglyph.html>
- [30] Infitec 3D Glasses. In: *Bnext 3D* [online]. Máj 2016 [cit. 22.5.2019]. Dostupné z : <http://bnext3d.com/3d-information/types-of-3d-glasses/>

-
- [31] Christie Fendt. In: *AV magazine* [online]. 18.4.2013 [cit. 22.5.2019].
Dostupné z :
<https://www.digitalavmagazine.com/en/2013/04/18/proyectores-christie-4k-dlp-en-el-powerwall-del-centro-de-realidad-virtual-de-la-empresa-fendt/>

9 Zoznam skratiek, symbolov, obrázkov

9.1 Zoznam Skratiek

VR	virtuálna realita
Napr.	napríklad
3D	trojrozmerný priestor
Obr.	Obrázok
Cit.	Citácia
AR	rozšírená realita

9.2 Zoznam Obrázkov

Obr. 1 Pohľad na virtuálne prostredie, [24]	17
Obr. 2 Rozšírená virtuálna realita, [25]	18
Obr. 3 Princíp stereoskopie [26]	19
Obr. 4 Typy okuliarov pre zobrazovanie VR, [27]	19
Obr. 5 Simultánne vysielanie obrazu projektormi, [7]	20
Obr. 6 Polarizačné okuliare, [28]	20
Obr. 7 Aktívna 3D technológia, [9]	21
Obr. 8 Aktívne 3D okuliare, [9]	21
Obr. 9 3D Polarizačný modulátor, [11]	22
Obr. 10 Autostereoskopický 3D monitor, [12]	23
Obr. 11 Vznik anaglyfového obrazu, [14]	24
Obr. 12 Zobrazenie stíhačky pomocou 3D metódy anaglyf, [30]	24
Obr. 13 Infitec okuliare, [28]	25
Obr. 14 Powerwall, [17]	26
Obr. 15, Umiestnenie kamier detekujúcich pohyb [31]	27
Obr. 16 Okuliare s markermi	28
Obr. 17 Súčasné riešenie data boxu	29
Obr. 18 Pohyby pri súčasnom riešení	30
Obr. 19 Posuv v osi „x“	31
Obr. 20 Rotácia okolo osi „z“	32
Obr. 21 Rotácia okolo osi „z“	32
Obr. 22 Naklopenie okolo „x“	33
Obr. 23 Vzájomné výškové nastavenie projektorov	34
Obr. 24 Detail naklopenia	34
Obr. 25 Pohľad na celkovú zostavu Doubleboxu	36
Obr. 26 Celková zostava zariadenia	37
Obr. 27 Skrutka zabezpečujúca rotáciu závitkového súkolesia	38
Obr. 28 Hlava Doubleboxu	39
Obr. 29 Nosná platňa	39
Obr. 30 Pohľad na naklápací mechanizmus	40
Obr. 31 Pohľad na nastavovaciu nožičku	41
Obr. 32 Posuvné uloženie matice v drážke nosnej platne	41

Obr. 33 Vybranie materiálu na doske	42
Obr. 34 Detail uloženie valcovej časti skrutky v ráme	43
Obr. 35 Maximálne výškové nastavenie jednotlivých boxov	44
Obr. 36 Minimálne výškové nastavenie jednotlivých boxov	44
Obr. 37 Aplikácia usporiadania so štyrmi projektormi	45
Obr. 38 Usporiadanie s jedným projektorom	46
Obr. 39 Minimalizácia rozmerov Doubleboxu	47
Obr. 40 Rez hlavy	49
Obr. 41 Uloženie otočného hriadeľa	50
Obr. 42 Zostava Hranola s vodiacími kolíkmi	50
Obr. 43 Držiak „L“ profilu	51
Obr. 44 Nosný rám vytvorený z pásových profilov	51
Obr. 45 Nosný rám vytvorený zo stavebnicového systému	52
Obr. 46 Detail rámu pripojenia ďalšieho boxu	52
Obr. 47 Uchytenie dosky v ráme	53
Obr. 48 Zostava skrutky pre translačný pohyb nosnej platne	53
Obr. 49 Detail dlhej vodiacej matice	54
Obr. 50 Detail krátkej vodiacej matice	54
Obr. 51 Spojenie nosnej platne s hriadeľom	55
Obr. 52 Uchytenie polarizačného filtra	55
Obr. 53 Detail mierky na rotačnej skrutke	56
Obr. 54 Mierka umiestnená na držiaku	56
Obr. 55 Doklad cenovej ponuky súkolesia	57

10 Zoznam príloh

Príloha č. 1	Cenová ponuka od firmy Haberkorn
Príloha č. 2	3-BP-PRÍLOHA-2
Príloha č. 3	3-BP-PRÍLOHA-3
Príloha č. 4	4-BP-PRÍLOHA-4
Príloha č. 5	1-BP-PRÍLOHA-5
Príloha č. 6	1-BP-PRÍLOHA-6

Prílohy

Dátum vystavenia dokladu: 22.5.2019

Marek Šooš
Tulipánová 12
841 01 Bratislava
Slovenská republika

IČO:
DIČ:
Číslo zákazníka: 40879
Zákazník: Marek ŠOOŠ
Telefón: +421 0908 501 979
Fax:
E-mail: lubomir.soos@stuba.sk
Ext. číslo: vid' email zo dňa 21.5.2019

Ponuka: SINV-638/2019

Strana číslo: 1

Vážený pán, ďakujeme Vám za Váš dopyt a nižšie Vám ponúkame:

Predmet zdaniteľného plnenia		Množstvo / j.	Cena za jedn. v EUR bez DPH	Cena celkom bez DPH	Sazba DPH
Dopyt zo dňa 21.5.2019 K rukám: p. Šooš					
1	Z21401 Krytka 5 20x20 0.0.370.09 Abdeckkappe 5 20x20	5 ks	0,424	2,12	20% 0,005 kg
2	Z27962 Úhelník 5 20x20 ZN 0.0.425.03 Winkel 5 20x20 Zn	8 ks	3,44	27,52	20% 0,112 kg
3	Z27967 Úhleník-krytka 5 20x20 0.0.425.04 Winkel-Abdeckkappe 5 20x20	8 ks	0,532	4,26	20% 0,008 kg
4	Z27679 Profil 5 R20-90° 0.0.425.43 Profil 5 R20-90° Specifikace rozměru: 4x po 0,16	0,64 m	7,125	4,56	20% 0,294 kg
5	Z21420 Řez-A A	4 ks	1,52	6,08	20%
6	Z27688 Krytka 5 R20-90° 0.0.425.71 Abdeckkappe 5 R20-90°	4 ks	0,70	2,80	20% 0,004 kg
7	Z31515 Sada spojovací 5 2-4mm se zápusťným šroubem M5 0.0.680.92 Befestigungssatz 5 2-4mm mit Senkschraube M5	10 sad	1,02	10,20	20% 0,02 kg
8	Z21405 Univerzální spoj 5 0.0.370.27 Universal-Verbindungssatz 5	16 ks	2,092	33,47	20% 0,112 kg
9	Z28244 Profil 5 20x20 2N90 0.0.437.66 Profil 5 20x20 2N90 Specifikace rozměru: 8x po 0,48	3,84 m	8,44	32,41	20% 1,958 kg

Dodavateľ: Haberkorn s.r.o., organizačná zložka
Odběratel: Marek Šooš

HABERKORN

Ponuka: SINV-638/2019

Strana číslo: 2

Predmet zdaniteľného plnenia		Množstvo / j.	Cena za jedn. v EUR bez DPH	Cena celkom bez DPH	Sazba DPH
10	Z21420 Řez-A A	8 ks	1,52	12,16	20%
11	Z28244 Profil 5 20x20 2N90 0.0.437.66 Profil 5 20x20 2N90 Specifikace rozměru: 4x po 0,3	1,2 m	8,442	10,13	20% 0,612 kg
12	Z21420 Řez-A A	4 ks	1,52	6,08	20%
13	J30294 Úhelník V 5 20 Zn 0.0.612.79J Winkel V 5 20 Zn -item	16 ks	5,20	83,20	20% 0,288 kg
14	Z31731 Spojovací deska 5 20 RAL 9006 0.0.677.76 Lasche 5 20 RAL 9006	2 ks	2,665	5,33	20% 0,033 kg

K cene tovaru budú pripočítané náklady spojené s balením a dopravou tovaru.

Skladové položky expedujeme do dvoch pracovných dní.

U položiek, ktoré nie sú skladosť a u všetkých plošných výplní, je termín expedície najneskôr 2 týždne od obdržania záväznej objednávky.

Pre overenie aktuálneho stavu skladových zásob nás prosím kontaktujte.

Ceny a expedičný termín sú platné pre uvedené množstvá, opracovanie a navrhnuté technické riešenia.

Dúfame, že cenová ponuka zodpovedá Vašej predstave a tešíme sa na ďalšiu spoluprácu.

Ak budete potrebovať ďalšie informácie, obráťte sa prosím na nášho technického poradcu.

Celkem: 3,447 kg

Dodavateľ: Haberkorn s.r.o., organizačná zložka
Odběratel: Marek Šooš

HABERKORN

Ponuka: SINV-638/2019

Strana číslo: 3

	Čiastka v EUR		
	Základ	DPH	Celkom
základná sadzba 20 %	240,32	48,07	288,39
Celkem	240,32	48,07	288,39
Zaokrúhlenie			0,00
Čiastka k úhrade			288,39

Vystavil(a): LELOVSKÁ Lada

Prevzal /a/, dňa:

Platnosť ponuky: 21. 6. 2019

Cena je stanovená FCA Trnava podľa INCOTERMS 2000. Náklady na balné a dopravu hradí kupujúci.

Platební podmienky: prevodom, splatnosť 14 dní.

Spôsob dopravy: osobný odber

Termín dodania je platný, ak budú k dátumu dodania všetky záväzky po dátume splatnosti voči firme Haberkorn s.r.o., organizačná zložka a voči firme Haberkorn Ulmer s.r.o., uhradené.

V prípade, že sú všetky záväzky voči firme Haberkorn s.r.o., organizačná zložka a voči firme Haberkorn Ulmer s.r.o. uhradené, považujte predchádzajúcu vetu za bezpredmetnú.

Všetky ostatné náležitosti sa riadia Všeobecnými obchodnými podmienkami Haberkorn s.r.o., organizačná zložka, ktoré sú zverejnené na www.haberkorn.sk/VOP

Potešilo by nás, keby sme obdržali Vašu objednávku.

S priateľským pozdravom,

Haberkorn s.r.o., organizačná zložka

Kontaktná osoba: LELOVSKÁ Lada

Telefón: +421 335 914 613

Mobilní telefon: +421 911 801 466

Fax: +421 335 914 601

E-mail: lada.lelovska@haberkorn.sk

WWW: www.haberkorn.sk